

# Utjecaj prometno - tehničkih elemenata ceste na propusnu moć dionice magistralne ceste M 17.4 u Ljubuškom

---

Luburić, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:600413>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Marko Luburić**

**UTJECAJ PROMETNO – TEHNIČKIH ELEMENATA CESTE NA  
PROPUSNU MOĆ DIONICE MAGISTRALNE CESTE M 17.4 U  
LJUBUŠKOM**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2020.**

Zagreb, 7. svibnja 2020.

Zavod: **Zavod za prometno planiranje**  
Predmet: **Teorija prometnih tokova**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 6013

Pristupnik: **Marko Luburić (0135256988)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Utjecaj prometno tehničkih elemenata ceste na propusnu moć dionice magistralne ceste M 17.4 u Ljubuškom**

### Opis zadatka:

U diplomskom radu potrebno je objasniti prometno tehničke elemente ceste kao čimbenike koji utječu na njenu propusnu moć i sigurnost. Također, potrebno je napraviti analizu postojećeg stanja odvijanja prometnih tokova na zadanoj dionici ceste uzimajući u obzir mikro i makro lokaciju promatranog područja. Na frekventnijim raskrižjima potrebno je izvršiti brojanje prometa kako bi se utvrdila struktura prometa. Temeljem rezultata analize postojećeg stanja dionice potrebno je izraditi idejna rješenja koja će doprinijeti povećanju propusne moći i sigurnosti svih sudionika cestovnog prometa. Nakon predloženih rješenja, u završnom dijelu rada potrebno je napraviti i njihovu evaluaciju.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

prof. dr. sc. Grgo Luburić

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**DIPLOMSKI RAD**

**UTJECAJ PROMETNO - TEHNIČKIH ELEMENATA CESTE NA  
PROPUSNU MOĆ DIONICE MAGISTRALNE CESTE M 17.4 U  
LJUBUŠKOM**

**INFLUENCE OF TRAFFIC AND TECHNICAL ELEMENTS OF  
THE ROAD ON PERMEABILITY OF M 17.4 HIGHWAY IN  
LJUBUŠKI**

Mentor: prof. dr. sc. Grgo Luburić

Student: Marko Luburić  
JMBAG: 0135256988

Zagreb, 2020.

# UTJECAJ PROMETNO - TEHNIČKIH ELEMENATA CESTE NA PROPUSNU MOĆ DIONICE MAGISTRALNE CESTE M 17.4 U LJUBUŠKOM

## SAŽETAK

Temelj ovog diplomskog rada je prikaz i analiza prometno – tehničkih elemenata ceste sa svrhom poboljšanja propusne moći i sigurnosti svih sudionika u cestovnom prometu. Propusna moć ceste predstavlja ukupan broj vozila koja mogu proći promatranim presjekom ceste u određenom vremenskom intervalu. Poznavanjem propusne moći mogu se utvrditi nedostaci postojeće mreže cesta te dati prijedlozi odgovarajućih izmjena kao što su reorganizacija prometnih tokova na raskrižju, izmjene signalnih planova, proširenje kolnika i zavoja, izgradnja kružnih raskrižja, izmjene na vertikalnoj i horizontalnoj signalizaciji i sl. Analiza postojećeg stanja, ključna je pr donošenju svih bitnih odluka u svrhu postizanja određenih ciljeva.

**KLJUČNE RIJEČI:** cesta; dionica; prometno – tehnički elementi; propusna moć; sigurnost

---

## SUMMARY

The basis of this diploma thesis is the presentation and analysis of traffic - technical elements of the road with the purpose of improving the capacity and safety of all participants in road traffic. Road capacity is the total number of vehicles that can pass through the observed road section in a certain time interval. Knowledge of the throughput can identify the shortcomings of the existing road network and give proposals for appropriate changes such as reorganization of traffic flows at intersections, changes in signal plans, widening of roads and bends, construction of roundabouts, changes in vertical and horizontal signalization, etc. it is crucial to make all important decisions in order to achieve certain goals.

**KEYWORDS:** road; stock; traffic - technical elements; bandwidth; security

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. DEFINIRANJE ZONE OBUHVATA</b> .....	<b>3</b>
2.1.    DEFINIRANJE MAKRO ZONE OBUHVATA.....	3
2.2.    DEFINIRANJE MIKRO ZONE OBUHVATA .....	8
<b>3. ZNAČAJKE PROMETNOG TOKA I PROPUSNA MOĆ CESTE</b> .....	<b>13</b>
3.1.    OSNOVNI PARAMETRI PROMETNOG TOKA .....	13
3.1.1.  Protok vozila .....	14
3.1.2.  Gustoća prometnog toka .....	15
3.1.3.  Brzina prometnog toka .....	16
3.1.4.  Vrijeme putovanja vozila u prometnom toku .....	17
3.1.5.  Jedinično vrijeme putovanja .....	18
3.1.6.  Interval slijeđenja vozila .....	18
3.1.7.  Razmak u slijeđenju vozila u toku .....	19
3.1.8.  Odnosi između osnovnih parametra prometnog toka .....	19
3.2.    PROPUSNA MOĆ CESTE I RASKRIŽJA.....	23
3.2.1.  Propusna moć ceste .....	23
3.2.2.  Propusna moć između dvaju semaforiziranih raskrižja .....	26
3.2.3.  Čimbenici koji utječu na propusnu moć semaforiziranih raskrižja .....	27
<b>4. UTJECAJ PROMETNO – TEHNIČKIH ELEMENATA CESTE NA PROPUSNU MOĆ I SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA</b> .....	<b>30</b>
4.1.    PROMETNI TRAK .....	30
4.2.    RUBNI TRAK.....	31
4.3.    BANKINA, BERMA.....	31
4.4.    RIGOL .....	32
4.5.    TRAK ZA ZAUSTAVLJANJE .....	32
4.6.    TRAK ZA SPORA VOŽNJU .....	33
4.7.    RAZDJELNI POJAS .....	33
4.8.    PJEŠAČKE I BICIKLISTIČKE STAZE .....	33
4.9.    HORIZONTALNA I VERTIKALNA PREGLEDNOST .....	34
4.9.1.  Horizontalna preglednost .....	34
4.9.2.  Vertikalna preglednost.....	35
4.10.   TLOCRTNI I VERTIKALNI ELEMENTI CESTE.....	36
4.10.1.  Pravac.....	37

4.10.2. Kružni luk .....	37
4.10.3. Prijelaznice .....	38
<b>5. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA DIONICE MAGISTRALNE CESTE M 17.4 NA PODRUČJU GRADA LJUBUŠKOG.....</b>	<b>39</b>
5.1. NOSIVI USTROJ ANALIZIRANE DIONICE .....	39
5.1.1. Postojeće stanje donjeg ustroja dionice .....	39
5.1.2. Postojeće stanje gornjeg ustroja dionice .....	40
5.2. POPREČNI PRESJEK ANALIZIRANE DIONICE .....	41
5.3. PROMETNI I SLOBODNI PROFIL.....	43
5.4. TLOCRTNI I VERTIKALNI ELEMENTI DIONICE.....	46
5.5. ANALIZA CESTOVNIH RASKRIŽJA NA DIONICI .....	47
5.6. ANALIZA REZULTATA BROJANJA PROMETA I BUDUĆE PROMETNE POTRAŽNJE NA KARAKTERISTIČNIM LOKACIJAMA .....	60
5.6.1. Brojanje prometa .....	60
5.6.2. Buduća prometna potražnja .....	65
<b>6. PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA PROMETNO – TEHNIČKIH ELEMENTATA CESTE NA ANALIZIRANOJ DIONICI.....</b>	<b>69</b>
6.1. PRIJEDLOG POBOLJŠANJA NOSIVOG USTROJA CESTE.....	69
6.2. PRIJEDLOG POBOLJŠANJA ELEMENTATA POPREČNOG PRESJEKA CESTE.....	70
6.3. PRIJEDLOG POBOLJŠANJA TLOCRTNIH I VERTIKALNIH ELEMENTATA CESTE.....	73
6.4. PRIJEDLOZI RJEŠENJA KRITIČNIH CESTOVNIH RASKRIŽJA NA DIONICI.....	75
<b>7. EVALUACIJA PREDLOŽENIH RJEŠENJA .....</b>	<b>86</b>
<b>8. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>88</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>89</b>
<b>POPIS SLIKA.....</b>	<b>90</b>
<b>POPIS TABLICA .....</b>	<b>92</b>
<b>POPIS GRAFIKONA.....</b>	<b>93</b>

# 1. UVOD

Kontinuiranim porastom broja vozila na cestama dolazi i do povećanja mogućnosti nastanka prometnih zagušenja zbog ograničenih kapaciteta cesta. Zato je potrebno stalno praćenje prometnih tokova na određenom području. Propusna moć ceste predstavlja ukupan broj vozila koja mogu proći promatranim presjekom ceste u određenom vremenskom intervalu te uvelike ovisi o njenim prometno – tehničkim elementima koji utječu i na samu sigurnost cestovnog prometa.

Tema diplomskog rada je „Utjecaj prometno – tehničkih elemenata ceste na propusnu moć dionice magistralne ceste M 17.4 u Ljubuškom“. Cilj rada je dobiti uvid u postojeće stanje dionice te na osnovu rezultata utvrditi prioritete za saniranje koji utječu na propusnu moć i sigurnost svih sudionika u prometu.

Ovaj rad podijeljen je u osam poglavlja:

1. Uvod
2. Definiranje zone obuhvata
3. Značajke prometnog toka i propusna moć ceste
4. Utjecaj prometno – tehničkih elemenata ceste na propusnu moć i sigurnost cestovnog prometa
5. Analiza postojećeg stanja dionice magistralne ceste M 17.4 na području grada Ljubuškog
6. Prijedlozi poboljšanja prometno – tehničkih elemenata ceste na analiziranoj dionici
7. Evaluacija rješenja
8. Zaključak

U drugom poglavlju definirana je makro i mikro zona obuhvata te položaj analizirane dionice ceste u prostoru i njen odnos s drugim važnijim cestovnim pravcima na području grada Ljubuškog.

U trećem poglavlju dat je detaljan opis prometnih tokova, odnosa njegovih osnovnih parametara te propusna moć ceste i metodologija proračuna iste.

Četvrto poglavlje daje uvid u osnovne prometno – tehničke elemente ceste koji utječu na propusnu moć i opću sigurnost cestovnog prometa, a neki od elemenata koji se navode su prometni i rubni trak, bankina i berma, rigol, horizontalna i vertikalna preglednost, pješačke i biciklističke staze itd.

U petom poglavlju izvršena je analiza dionice magistralne ceste M 17.4 na definiranom području po lokacijama. Analizom su obuhvaćeni nosivi ustroj ceste,



poprečni presjek ceste, tlocrtni i vertikalni elementi ceste i analiza cestovnih raskrižja na dionici. Kao ulazni parametar za buduće radnje, dat je prikaz rezultata brojanja prometa na frekventnijim raskrižjima.

U šestom poglavlju, osvrćući se na prethodno poglavlje, dati su prijedlozi poboljšanja prometno – tehničkih elemenata na problematičnim lokacijama. Prijedlozi se uglavnom odnose na reorganizaciju prometnih tokova na raskrižjima, proširenje kolnika i zavoja, izgradnja kružnih raskrižja, izmjene na horizontalnoj i vertikalnoj signalizaciji i sl.

U sedmom poglavlju izvršeno je vrjednovanje predloženih rješenja, odnosno njihove učinkovitosti.

## 2. DEFINIRANJE ZONE OBUHVATA

Zona obuhvata predstavlja područje na kojem će se vršiti prometne analize i istraživanja, odnosno dati prijedlozi rješenja. Može se definirati kao makro (manje detaljna istraživanja i rješenja) i mikro zona (detaljnija istraživanja i rješenja) obuhvata. Prometni sustav uvijek je potrebno razmatrati na širem području gravitacije, a ne kao izolirano područje.

### 2.1. DEFINIRANJE MAKRO ZONE OBUHVATA

**Bosna i Hercegovina (BiH)** je država u Jugoistočnoj Europi. Po svom uređenju je složena federalna država s elementima konfederacije. Glavni i najveći grad države je Sarajevo.

Najveći dio teritorija čine planine i visoki krš, pokriveni šumama i pašnjacima. Bosna i Hercegovina obuhvaća površinu od 51 129 km<sup>2</sup> po podacima Savezne geodetske uprave SFRJ iz 1953. godine. Isti podatak navodi i Opća i nacionalna enciklopedija. Prema podacima Uprave za geodetske i imovinskopravne poslove Bosne i Hercegovine riječ je o 51 209,2 km<sup>2</sup> ukupne površine, od čega 51 197,0 km<sup>2</sup> otpada na kopno, a 12,2 km<sup>2</sup> na more. Graniči s Hrvatskom na sjeveru, sjeverozapadu i jugu, sa Srbijom na istoku, te s Crnom Gorom na jugu i jugoistoku. [6]



Slika 1. Položaj Bosne i Hercegovine

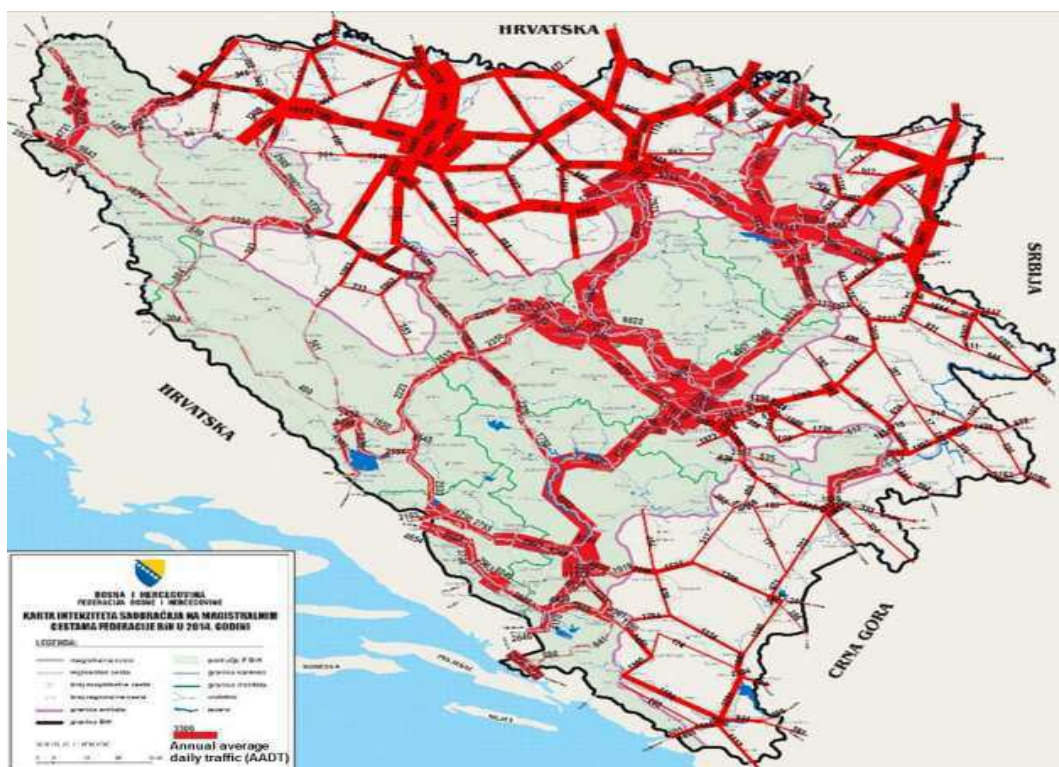
Izvor: [7]

Bosna i Hercegovina zauzima položaj između jadranske obale i unutrašnjosti (Panonske nizini, i Moravska bazena). Stoga su i glavni putni pravci u tim smjerovima. Glavna teškoća zemlje je njen vrlo izražen planinski karakter i teška neprohodnost, što je znatno doprinijelo sporom razvoju prometa u zemlji. Postoje cestovni, željeznički, riječni (riječna luka Bosanski Brod) te zračni promet. U BiH cestovni promet loše je razvijen zbog nepristupačnog reljefa u njezinom središnjem dijelu. Trenutno se gradi suvremena autocesta Koridor Vc.

Prema podacima prikupljenim od nadležnih institucija, ukupna dužina cestovne mreže u Bosni i Hercegovini iznosi 22.871,96 km od čega je 83,50 km autocesta, 30,71 km cesta namijenjenih za promet motornih vozila, 3.843,20 km magistralnih, 4.714,55 km regionalnih, te oko 14.200,00 km lokalnih cesta.

Gustoća ukupne cestovne mreže u Bosni i Hercegovini iznosi oko 45 km na 100 km<sup>2</sup>, dok gustoća magistralnih cesta iznosi 9,2 km na 100 km<sup>2</sup>.

Na sljedećoj slici prikazana je mreža magistralnih cesta na području Bosne i Hercegovine sa intenzitetima prometnih tokova u 2014. godini. Na mapi je vidljivo da su čvorovi magistralnih cesta koncentrirani na područja oko većih gradova (Sarajevo, Banja Luka, Mostar i Tuzla).



Slika 2. Mapa opterećenja magistralnih cesta Bosne i Hercegovine u 2014. godini

Izvor: [8]

Kroz Bosnu i Hercegovinu prolaze sljedeći europski koridori i njihovi nastavci:

**E65** Autocesta E-65 – vrlo kratka dionica preko hercegovačkog primorja (Neum) - Republika Hrvatska započela je izgradnju mosta do Pelješca čime bi ova europska autocesta zaobišla teritorij BIH-a.

**E73** Autocesta E-73 – Bosanski Brod (granica s Hrvatskom) - Doboj - Zenica - Sarajevo - Mostar - Čapljina (granica s Hrvatskom) - Ovo je najvažniji cestovni put u zemlji, a predstavlja alternativnu trasu autocesti E-65.

**E661** Autocesta E-661

**E761** Autocesta E-761 - dionica Bihać - Jajce - Donji Vakuf - Zenica - Sarajevo - Pale - Višegrad (granica sa Srbijom).

**E762** Autocesta [E-762 - dionica Sarajevo - Foča (granica s Crnom Gorom). [9]

Koridor Vc je multimodalni (cestovni i željeznički) transportni koridor koji povezuje Mađarsku, Hrvatsku i Bosnu i Hercegovinu na potezu Budimpešta – Osijek – Sarajevo – Ploče.

Trasa autoceste na Koridoru Vc (europska cesta E73) se u Mađarskoj pruža pravcem: Budimpešta – Pečuh – Mohač – granica s Republikom Hrvatskom, dok se kroz Hrvatsku proteže od granice s Mađarskom pravcem: Beli Manastir – Osijek – Đakovo – granica s Bosnom i Hercegovinom.

U Bosni i Hercegovini autocesta na Koridoru Vc od sjeverne granice s Republikom Hrvatskom pruža se pravcem: Svilaj – Odžak – Modriča – Doboj – Zenica – Kakanj – Visoko – Sarajevo – Konjic – Jablanica – Mostar – Čapljina – južna granica s Republikom Hrvatskom, u mjestu Bijača. Trasa Koridora Vc na području Bosne i Hercegovine, prikazana je na sljedećoj slici. Izgradnja ovog cestovnog pravca na području Bosne i Hercegovine znatno je usporena zbog složene konfiguracije terena te nedostatka financijskih sredstava.





Slika 3. Trasa autoceste na Koridoru Vc

Izvor: [10]

Kao što je ranije navedeno, Bosna i Hercegovina je složena federalna država s elementima konfederacije. Podijeljena je na dva entiteta – Federaciju Bosne i Hercegovine i Republiku Srpsku, s vrlo visokim ovlastima. Federacija BiH dalje je podijeljena na deset županija (kantona) koje su prikazane u sljedećoj tablici. Postoji i Brčko distrikt koji je kondominij Federacije BiH i Republike Srpske.

Tablica 1. Županije Bosne i Hercegovine

Broj	Županija	Središte	Broj	Županija	Središte
1.	Unsko-sanska	Bihać	6.	Središnja Bosna	Travnik
2.	Posavska	Orašje	7.	Hercegovačko-neretvanska	Mostar
3.	Tuzlanska	Tuzla	8.	Zapadnohercegovačka	Široki Brijeg
4.	Zeničko-dobojska	Zenica	9.	Sarajevska županija	Sarajevo
5.	Bosansko-podrinjska	Goražde	10.	Hercegbosanska	Livno

Izvor: [11]

**Županija Zapadnohercegovačka** utemeljena je 1996. godine i čine ju dva grada i dvije općine: Grad Široki Brijeg kao sjedište Županije i Grad Ljubuški te općine Grude i Posušje. Prostire se od sjeverne strane planine Čvrsnice pa sve do granice s Republikom Hrvatskom na zapadu i jugu, dok s istoka graniči s Hercegovačko-neretvanskom županijom. Županija prostorno zauzima 1.363 km<sup>2</sup> te

u njoj živi oko 94 000 stanovnika. Položaj županije i njenih sastavnica prikazan je na sljedećoj slici. [12]



Slika 4. Položaj Zapadnohercegovačke županije u Bosni i Hercegovini

Izvor: [13]

Županija je smještena na koridoru Vc što joj nudi dobru povezanost u one dijelove Europe gdje se očekuje rast gospodarstva. Pored toga, Županija je prirodno vezana za Dalmaciju i Hrvatsku, radi ulaska Republike Hrvatske u EU i očekivanog rasta njenog gospodarstva, što Županiji nudi dodatne prilike razvitka.

Ceste u nadležnosti Županije su uglavnom u lošem stanju, osobito one čije je održavanje na razini Županije i razine općine. Na prostoru Županije od prometne infrastrukture postoji samo cestovna mreža, a najbliža željeznička postaja prosječno je udaljena oko 40 km, a najbliži aerodrom je, također udaljen oko 40 km.

Kategorizacija cestovne mreže županije prikazana je na slici 5.



Slika 5. Cestovna mreža Zapadnohercegovačke županije

Izvor: [14]

## 2.2. DEFINIRANJE MIKRO ZONE OBUHVATA

**Grad Ljubuški** nalazi se u Zapadnohercegovačkoj županiji. Prostire se na površini od 292,7 km<sup>2</sup>. Na jugu i zapadu graniči s Metkovićem, Vrgorcem, općinama Kula Norinska (Dubrovačkoneretvanska županija) i Pojezerje (Splitsko - dalmatinska županija) u Republici Hrvatskoj, na sjeveru s Grudama i Širokim Brijegom, a na istoku s Čapljinom i Čitlukom u Hercegovačkoneretvanskoj županiji.



Slika 6. Položaj grada Ljubuškog

Izvor: [15]

Magistralna cesta M 6 (Čapljina – Ljubuški - Imotski) povezuje grad Ljubuški s najznačajnijim državnim prometnicama koje se pružaju dolinom rijeke Neretve, a magistralna cesta M 17.4 (Čitluk - Ljubuški - Ploče) omogućuje direktnu vezu s lukom Ploče odnosno Mostarom. Grad Ljubuški je sa širim područjem povezan i regionalnom cestom R-423 Ljubuški - Metković i R-422 Vitina - Vrgorac i R-421 Klobuk - Sovići. Najbliža željeznička postaja je u Čapljini (20 km), zračna luka u Mostaru (36 km) a riječna luka u Metkoviću (34 km). Grad je preko zračnih luka u Sarajevu, Dubrovniku, Splitu i Mostaru povezan s ostatkom Europe i svijeta. Udaljenost grada Ljubuškog od Mostara iznosi 36 km, Makarske 55 km, Splita 120 km, Dubrovnika 130 km i Sarajeva 170 km.

Kroz grad Ljubuški prolazi trasa autoceste na koridoru Vc gdje se nalazi spoj s autocestom Dubrovnik-Zagreb. Grad se nalazi unutar dva važna europska koridora (koridor Vc i Jadransko - Jonski koridor). Europski koridor Vc povezuje Baltik s Jadranskom regijom, dok Jonski koridor slijedi obalu Jadranskog mora i povezuje Europu preko Balkana s Bliskim Istokom. Sjecište ovih cestovnih koridora je u samom zaleđu luke Ploče, koja se nalazi u Republici Hrvatskoj na udaljenosti svega 15-tak kilometara od Ljubuškog.

S obzirom na blizinu i dobru povezanost grada Ljubuškog s najznačajnijom prometnicom dolinom rijeke Neretve koja čini dio europskog koridora E-73 (Budimpešta – Osijek – Sarajevo - Metković) te blizinom zračne Luke Mostar i morske luke Ploče kao i činjenicom da koridor Vc prolazi jednim dijelom kroz grad, može se zaključiti da grad Ljubuški ima iznimno povoljan geoprometni i geostrateški položaj.

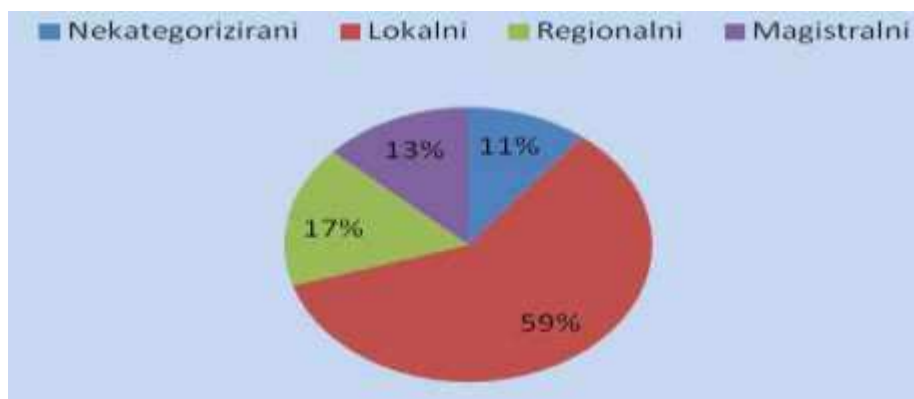




**Slika 7. Prometni položaj grada Ljubuškog**

*Izvor: [16]*

Na grafikonu 1 prikazan je udio pojedinih kategorija ceste u ukupnoj cestovnoj mreži na području grada Ljubuškog.



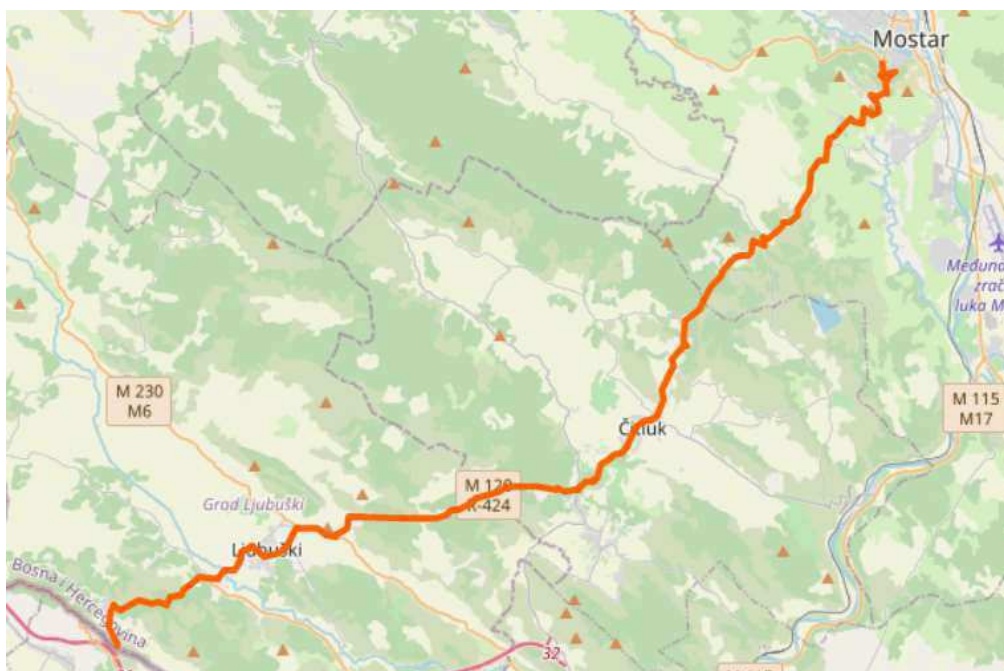
**Grafikon 1. Cestovna mreža na području grada Ljubuškog**

*Izvor: [17]*

Postojeća mreža lokalnih cesta je ukupne duljine 450 km. Sva naselja grada Ljubuškog povezana su lokalnim cestama i imaju asfaltirane pristupe na ceste višeg reda. Dobar dio cesta na području grada traži dodatnu modernizaciju.

**Magistralna cesta M 17.4**, koja je predmet ovog diplomskog rada, jedna od važnijih cesta na području grada. Ukupna duljina ceste iznosi 48,181 km od čega je oko 15 km na području grada Ljubuškog. Ona predstavlja putni pravac od Mostara,

preko Čitluka i Ljubuškog, do Crvenog Grma na samoj granici s Republikom Hrvatskom. Položaj trase ove magistralne ceste prikazan je na slici 8.



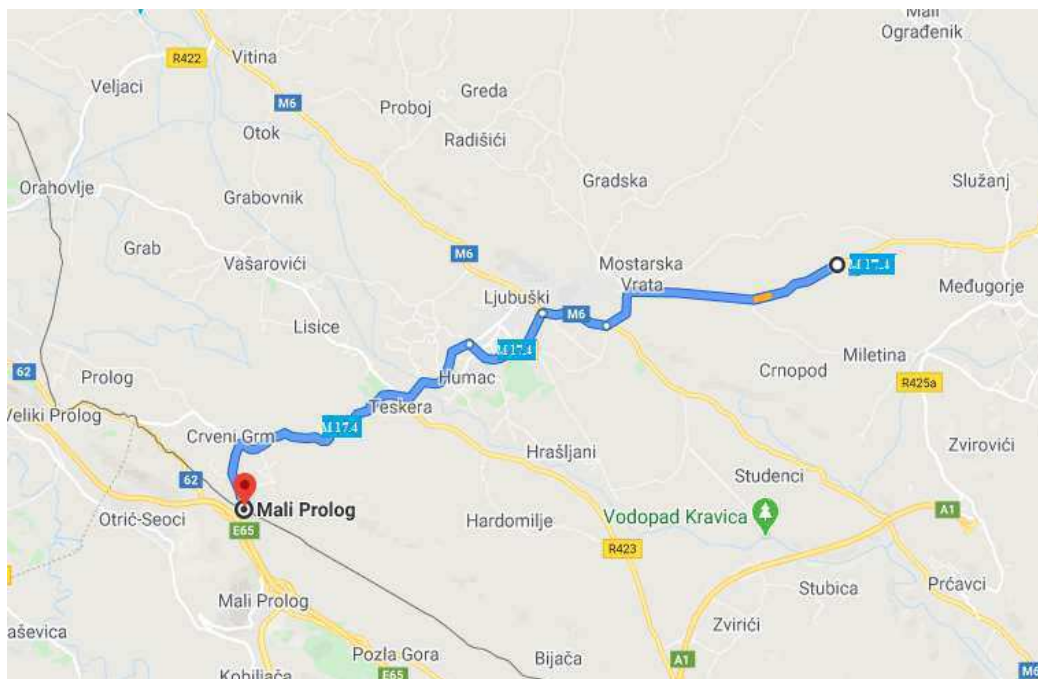
**Slika 8. Položaj magistralne ceste M 17.4**

*Izvor: [18]*

Do 2015. godine cesta je bila u kategoriji regionalnih cesta pod oznakom R 424. Odlukom Vlade Federacije BiH, od prosinca 2015. godine cesta je uvrštena u magistralne ceste prvog reda (M 17.4). U obrazloženju je navedeno da je odluka kojom se ova cesta stavlja u ravnopravan položaj s ostalim magistralnim pravcima povezanim s Mostarom, donesena zbog prometnog opterećenja i njenog regionalnog značaja. Prosječan godišnji dnevni promet na ovom cestovnom pravcu bio je većeg intenziteta nego na nekim drugim magistralnim cestama u zoni grada Mostara, koji na najopterećenijem dijelu iznosi 13.526 vozila dnevno. Na ovaj cestovni pravac su priključeni važni lokalni i regionalni pravci (R - 425 i R - 425a), a to je i prometna veza grada Mostara s Međugorjem, a ujedno i najkraća veza grada Mostara s Dalmacijom i novoizgrađenom dionicom autoceste na Koridoru Vc.

Izmjenom kategorizacije ceste, došlo je i do izmjene u njenom upravljanju. Trenutno, o njoj skrbi JP Ceste Federacije Bosne i Hercegovine, dok je ranije bila pod ovlastima Uprave za ceste Zapadnohercegovačke županije.

Dionica magistralne ceste M 17.4 područjem grada Ljubuškog najvećim dijelom prolazi kroz naseljena mjesta te je prikazana na slici 9.



**Slika 9. Položaj dionice magistralne ceste M 17.4 na području grada Ljubuškog**

*Izvor: [16]*

### 3. ZNAČAJKE PROMETNOG TOKA I PROPUSNA MOĆ CESTE

U ovom poglavlju detaljno su opisane temeljne značajke prometnog toka, njegovi osnovni parametri i koleracije među njima te propusna moć ceste kao osnova za donošenje bitnih inženjersko – studijskih zaključaka.

#### 3.1. OSNOVNI PARAMETRI PROMETNOG TOKA

Prometni tok predstavlja istovremeno kretanje skupine vozila u određenom poretku na prometnici.

Prema strukturi (sastavu), prometni tok može biti *homogen ili heterogen*. Homogeni prometni tok je onaj koji je sastavljen od jedne vrste motornih vozila sa istim tehničkim značajkama. Idealan homogeni prometni tok bio bi kada bi tim istim vozilima upravljali vozači istih psiho – fizičkih osobina. Pod heterogenim (mješoviti) prometnim tokom podrazumijeva se tok koji je sastavljen od više vrsta motornih vozila te je takav tok najviše zastupljen u praksi.

S obzirom na opće uvjete u odvijanju prometnih tokova, prometni tok može biti: *neprekinuti, neprekinuti ali djelomično ometani i povremeno prekinuti prometni tok*. Kod neprekinutog prometnog toka na uvijete kretanja vozila djeluje njihova međusobna interakcija koja ovisi o gustoći prometnog toka. Takav prometni tok najzastupljeniji je na autocestama koje su izvan utjecaja prometnih čvorišta. Neprekinuti ali djelomično ometani prometni tok je onaj gdje osim međusobne interakcije među vozilima, utječu i promjene prometne trake zbog ulijevanja, izlivanja i preplitanja u zonama raskrižja. Tok kod kojeg na uvijete kretanja utječu i potrebe za vremenskom podjelom prava korištenja istih prometnih površina, od strane vozila iz različitih pravaca kretanja, koji se međusobno sijeku, nazivamo povremeno prekinuti prometni tok. Ovakvi tokovi zastupljeni su na raskrižjima prometnica u istoj razini.

Osnovni parametri (pokazatelji) prometnog toka služe za opisivanje prometnih tokova i zakonitosti kretanja motornih vozila na prometnicama. Ulogu u opisivanju prometnih tokova, osnovni parametri ostvaruju na različite načine, i to preko svojih karakterističnih veličina, preko relacija između osnovnih parametara prometnog toka te empirijskih modela za analizu praktičnog kapaciteta i pokazatelja razine usluge.

U osnovne parametre (pokazatelje) prometnog toka svrstavamo:

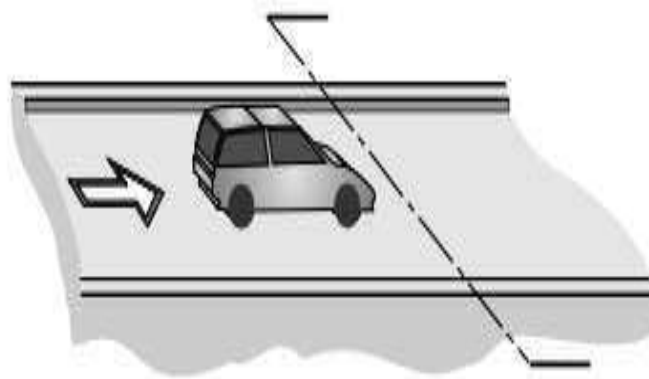
1. Protok vozila;
2. Gustoća prometnog toka;
3. Brzina prometnog toka;
4. Vrijeme putovanja vozila u toku;
5. Jedinično vrijeme putovanja vozila u toku;
6. Interval slijeđenja vozila u toku;
7. Razmak u slijeđenju vozila u toku. [1]

### 3.1.1. Protok vozila

Pojam protok vozila podrazumijeva broj vozila koja u jedinici vremena prođu kroz promatrani presjek prometnice u jednom smjeru za jednosmjerne prometnice, odnosno u oba smjera za dvosmjerne prometnice. Osnovna vremenska jedinica za iskazivanje protoka vozila je sat (h), a osnovni simbol za označavanje protoka je  $q$  (voz/h).

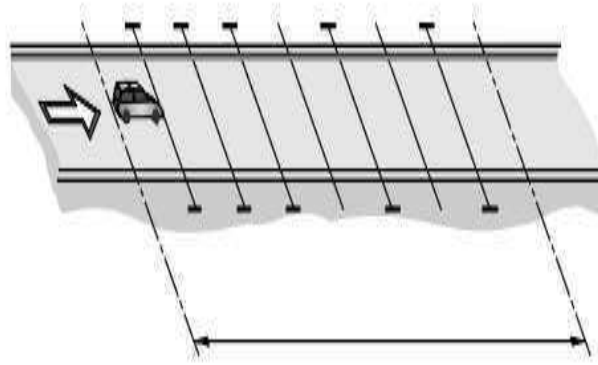
S gledišta realnih tokova, ovisno o načinu promatranja u odnosu na prostor razlikuje se:

1. protok vozila na presjeku ceste - protok koji se ostvaruje na promatranom presjeku prometnice u jedinici vremena;
2. protok vozila na dijelu ili dionici ceste - aritmetička sredina protoka na  $n$  - presjeka na dijelu ili prometnoj dionici, gdje  $n \rightarrow \infty$ . [1]



Slika 10. Protok vozila na presjeku

Izvor: [2]



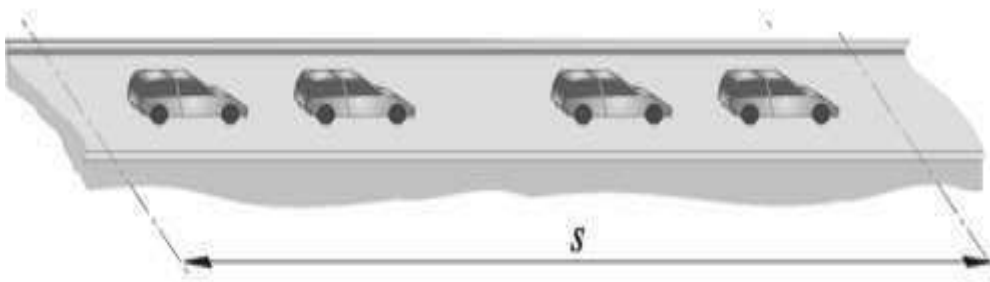
**Slika 11. Protok vozila na dionici**

*Izvor: [2]*

### 3.1.2. Gustoća prometnog toka

Pod pojmom gustoća prometnog toka podrazumijeva se broj vozila na jedinici duljine prometnice, po prometnoj traci, po smjerovima za jednosmjerne prometnice, odnosno u dvije trake u oba smjera za dvosmjerne prometnice. Pojam gustoće prostorno je vezan za odsjek ili dionicu prometnice, a vremenski za trenutno stanje. [1]

Osnovni simbol za gustoću prometnog toka je  $g$ , a osnovna jedinica za iskazivanje gustoće toka broj vozila na jedan kilometar (voz/km).



**Slika 12. Gustoća vozila na dionici**

*Izvor: [2]*

U praksi, obzirom na vremenski period u kome se promatra, gustoća prometnog toka može predstavljati:

1. Broj vozila po jedinici dužine promatranog odsjeka (dionice) u trenutku promatranja  $g$  (voz/km). Prema [2] gustoća prometnog toka računa se prema formuli:

$$g = \frac{N}{s} \left[ \frac{\text{voz}}{\text{km}} \right]$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

N – broj vozila na dionici prometnice u trenutku promatranja

s – duljina dionice u kilometrima

2. Broj vozila po jedinici duljine promatranog dijela (dionice) kao aritmetička sredina više trenutnih promatranja u nekom vremenskom periodu.

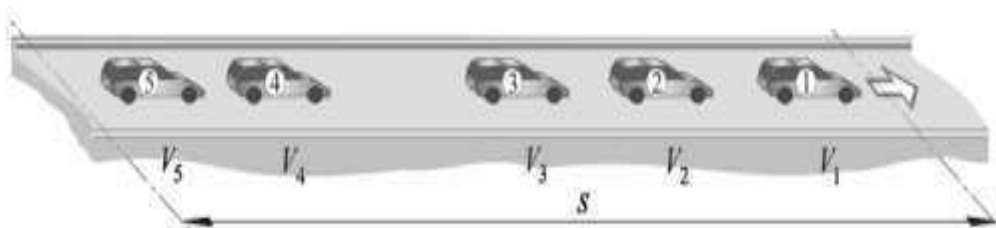
### 3.1.3. Brzina prometnog toka

S obzirom na to da se radi o prometnom toku, odnosno o istovremenom kretanju više vozila, pod pojmom brzine toka misli se na srednju vrijednost brzina svih vozila koja sudjeluju u prometnom toku.

Ovisno o načinu promatranja protoka u odnosu na prostor i vrijeme u teoriji prometnog toka razlikuju se dva pojma brzine prometnog toka. Ti pojmovi su:

1. Srednja prostorna brzina toka, koja je prostorno vezana za niz vozila na odsjeku (dionici) prometnice (s), a vremenski za trenutak (t);
2. Srednja vremenska brzina toka, koja je prostorno vezana za niz vozila na presjeku prometnice u određenom vremenskom periodu promatranja (T). [2]

**Srednja prostorna brzina prometnog toka** predstavlja aritmetičku sredinu trenutnih brzina svih vozila u prometnom toku u jednom smjeru za jednosmjerne prometnice ili u oba smjera za dvosmjerne prometnice na promatranom odsjeku prometnice. U stručnoj literaturi još se naziva i srednja trenutna brzina. Znači, srednja prostorna brzina toka, s gledišta prostornog promatranja predstavlja brzinu na odsjeku puta, a s gledišta vremenskog promatranja predstavlja trenutnu brzinu toka. [1]



Slika 13. Srednja prostorna brzina

Izvor: [2]

Prema [2], srednja prostorna brzina prometnog toka računa se prema formuli:

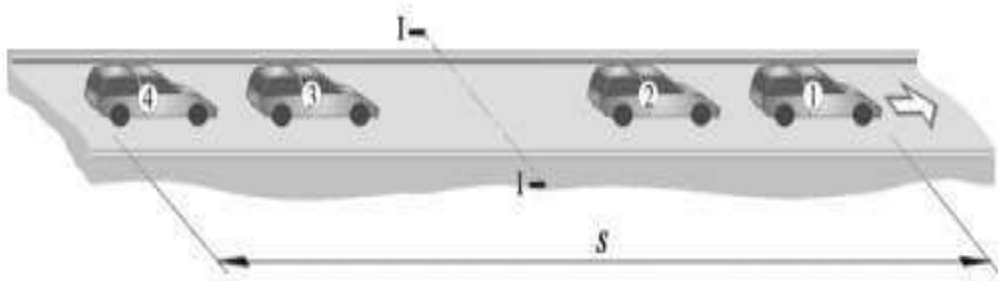
$$\overline{V_s} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n} [km/h]$$

gdje je:

$V_i$  – brzina svih vozila u prometnom toku na odsjeku prometnice

$n$  – broj vozila na odjeku prometnice u trenutku promatranja

**Srednja vremenska brzina prometnog toka** predstavlja aritmetičku sredinu brzina svih vozila u prometnom toku, u jednom smjeru za jednosmjerne ili u oba smjera za dvosmjerne prometnice, koja prolaze promatrani presjek prometnice, u određenom vremenskom periodu. [1]



Slika 14. Srednja vremenska brzina

Izvor: [2]

Prema [2], srednja vremenska brzina prometnog toka računa se prema formuli:

$$\overline{V_t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n V_i [km/h]$$

gdje je:

$V_i$  – brzina svih vozila u prometnom toku na odsjeku prometnice

$N$  – broj vozila na odjeku prometnice u trenutku promatranja

Mjerenje brzina vozila na promatranom presjeku puta, kao i na toj osnovi utvrđivanje srednje vremenske brzine prometnog toka, u stručnoj literaturi se naziva lokalno mjerenje ili promatranje. [1]

### 3.1.4. Vrijeme putovanja vozila u prometnom toku

Vrijeme putovanja vozila u toku, kao pokazatelj prometnog toka, predstavlja srednju vrijednost vremena putovanja svih vozila promatranog prometnog toka u



jednom smjeru za jednosmjerne prometnice, odnosno u oba smjera za dvosmjerne prometnice preko promatranog odsjeka puta. Prema [1], ova definicija može se iskazati kroz sljedeću relaciju:

$$\bar{t} = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^q t_i$$

gdje je:

$\bar{t}$  - srednja vrijednost vremena putovanja svih vozila u prometnom toku na promatranom odsjeku prometnice

$t_i$  - vrijeme putovanja pojedinačnih vozila u prometnom toku na promatranom odsjeku prometnice

$q$  – promatrani prometni tok na promatranom odsjeku prometnice

Osnovni simbol za iskazivanje vremena putovanja je  $t$ , a osnovna jedinica za iskazivanje vremena putovanja je *minuta*, dok u nekim slučajevima se koristi *sekunda* ili *sat*.

### 3.1.5. Jedinično vrijeme putovanja

Ovaj parametar prometnog toka predstavlja srednju vrijednost vremena svih vozila promatranog prometnog toka koje je potrebno da se prijeđe jedinica rastojanja, tj. jedan kilometar u jednom smjeru za jednosmjerne prometnice, odnosno u oba smjera za dvosmjerne prometnice promatranog odsjeka puta.

### 3.1.6. Interval slijeđenja vozila

Parametar prometnog toka koji predstavlja vrijeme između prolaska čela dva uzastopna vozila kroz zamišljeni presjek prometnice, u jednom smjeru za jednosmjerne prometnice, odnosno u oba smjera za dvosmjerne prometnice.

Ovisno o načinu promatranja u odnosu na prostor i vrijeme, razlikujemo:

1. Intervale slijeđenja pojedinačnih vozila koja u vremenu promatranja prođu kroz promatrani presjek prometnice;
2. Srednja vrijednost intervala slijeđenja na promatranom presjeku prometnice za sva vozila u vremenu promatranja. [1]

### 3.1.7. Razmak u slijeđenju vozila u toku

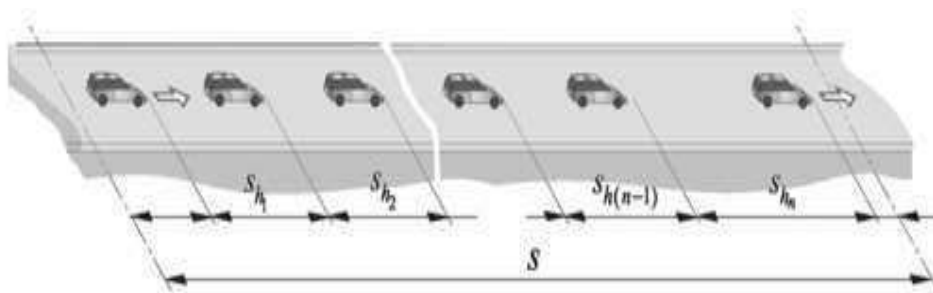
Kao parametar prometnog toka, razmak u slijeđenju vozila u toku, predstavlja prostorni razmak između čela dva uzastopna vozila u prometnom toku u jednom smjeru za jednosmjerne prometnice, odnosno u oba smjera za dvosmjerne prometnice.

Osnovni simbol kojim se iskazuje razmak u slijeđenju je  $S_h$ , a mjerna jedinica kojom se iskazuje je *metar (m)*.

Sa stajališta realnih prometnih tokova na odsjeku puta razmak u slijeđenju predstavlja srednju vrijednost svih razmaka praćenja između uzastopnih vozila u određenom toku na promatranom odsjeku ili dionici puta.

Razlikuju se:

1. Udaljenosti između pojedinih vozila u prometnom toku koja su se našla u određenom trenutku na promatranom odsjeku ili dionici puta;  $S_{hi}$ , gdje je  $i = 1, 2, \dots, n$ ;
2. Srednja vrijednost trenutnih razmaka između svih vozila u prometnom toku koja su se našla u određenom trenutku na promatranom odsjeku ili dionici puta  $\bar{S}_h$ ;
3. Aritmetički prosjek  $m$ -srednjih trenutnih razmaka utvrđenih na promatranom odsjeku u periodu vremena  $T$ .



Slika 15. Razmaci u slijeđenju vozila

Izvor: [2]

### 3.1.8. Odnosi između osnovnih parametra prometnog toka

Na temelju poznavanja osnovnih parametara i značajnijih karakteristika prometnog toka moguće je razumjeti uvjete kretanja vozila u prometnom toku. Definiranje relacija između osnovnih parametara prometnog toka od značaja je sa:

1. Teorijskog stajališta;
2. Praktičnog stajališta.

Opis relacija između osnovnih parametara prometnog toka, s teorijskog stajališta, značajan je za stvaranje ishodišnih obrazaca o vezama između osnovnih parametara prometnog toka u teorijski idealnim vladajućim uvjetima.

Opis relacija između osnovnih parametara prometnog toka, s praktičnog stajališta, značajan je za definiranje osnovnih obrazaca – alata za analizu praktičnog kapaciteta i razine usluge dionice putne mreže, kao i vremenskih gubitaka na raskrižjima i sl. [1]

Relacije između tri osnovna parametra prometnog toka (protok, gustoća i srednja prostorna brzina) formulirane su pomoću odgovarajućeg analitičkog obrasca i dijagrama.

Prema [1], *osnovni analitički obrasci glase:*

$$q = g * V_s, \quad (PA/h/tr) = (PA/km/tr)(km/h);$$

$$V_s = \frac{q}{g}, \quad (km/h) = (PA/h/tr)(PA/km/tr);$$

$$g = \frac{q}{V_s}, \quad (PA/km/tr) = (PA/h/tr)(km/h);$$

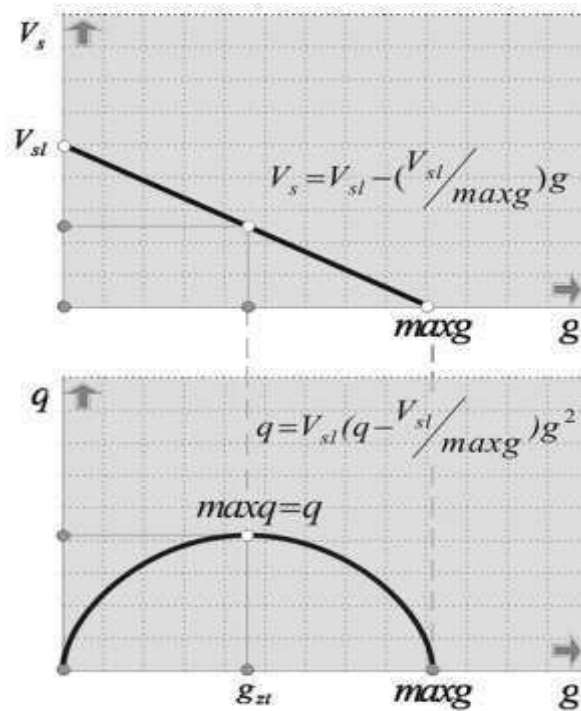
gdje je:

q – protok vozila;

g – gustoća prometnog toka;

$V_s$  – srednja prostorna brzina prometnog toka.

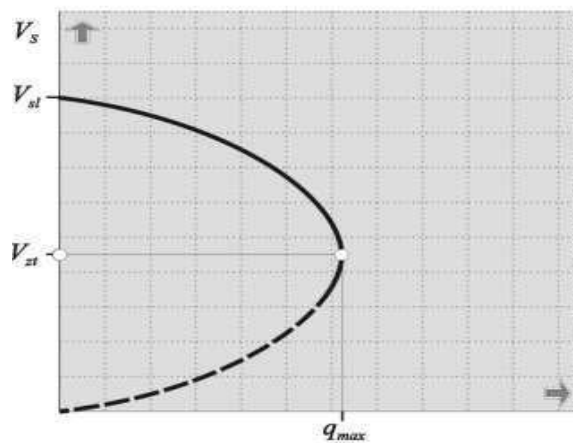
Funkcionalne međuovisnosti pojedinih parova osnovnih parametara prometnog toka ( $V - g$ ,  $q - g$  i  $V - q$ ) u apstraktno zamišljenim teorijski idealnim uvjetima izražene su sljedećim dijagramima. Posljednji dijagram prikazuje međuovisnost osnovnih parametara u koordinatnom sustavu, a ujedno predstavlja i osnovni dijagram prometa (protok – gustoća).



Slika 16. Parabolični model "protok - gustoća"

Izvor: [2]

Parabolični model "protok - gustoća" temelji se na Greenshields-ovom linearnom modelu "brzina - gustoća".



Slika 17. Parabolični model "brzina - protok"

Izvor: [2]

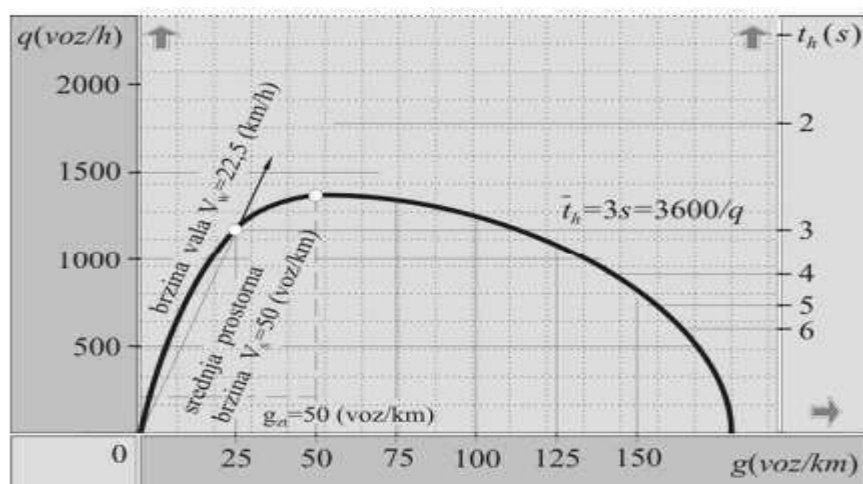
Krivulja "brzina - protok" ima 3 poznate točke i to: jednu u koordinatnom početku, jednu na ordinati koja odgovara maksimalnoj vrijednosti brzine, tj. brzini slobodnog toka, kao i jednu točku u koordinatama  $q_{zt} = \max q$  i  $V_{zt}$ , dok je položaj svih ostalih točaka uvjetovan oblikom krivulje "brzina - protok".

Osnovni (fundamentalni) dijagram prometa je naziv koji je dao Hight, a prihvaćen je od stručnjaka širom svijeta. Ovaj dijagram daje odgovore na pitanja o odnosu brzine i protoka pri maloj gustoći i raspodjele intervala slijeđenja vozila pri velikim gustoćama. Dijagram se efikasno koristi u praktičnim postupcima kontrole i upravljanja prometom na prometnoj mreži.

Neke od činjenica koje su bile polazište za stvaranje ovakvog modela su:

1. Ako nema gustoće nema ni protoka, a to znači da krivulja „protok – gustoća“ mora proći kroz koordinatni početak. Obzirom da je srednja prostorna brzina definirana kao omjer protoka i gustoće, nagib s kojim krivulja “protok - gustoća” napušta koordinatni početak, predstavlja brzinu slobodnog toka. To je ustvari najveći nagib krivulje “protok-gustoća”.
2. Moguće je imati na prometnici veliku gustoću, a da protoka nema, što je slučaj ako čelno vozilo iz bilo kojih razloga stane, a ostala vozila iza njega ga ne mogu prestignuti. Ovo znači da krivulja “protok - gustoća” ima točku u kojoj je gustoća maksimalna, a protok ravan nuli.
3. Pošto se između ekstremnih gustoća (pri  $g = 0$  i pri  $g = \max g$ ) u kojima nema protoka nalazi domena gustoće u kojoj postoji protok, to u ovoj domeni gustoća mora postojati jedna ili više točaka maksimalnog protoka.
4. Krivulja “protok - gustoća”, u realnim putnim prometnim uvjetima, ne mora biti kontinuirana u cijelom području između ekstremnih gustoća ( $g = 0$ ) i ( $g = \max g$ ). [2]

Sve navedeno prikazano je na osnovnom (fundamentalnom) dijagramu prometa na slici 18.



Slika 18. Model „tok-gustoća“ kao osnovni dijagram prometa

Izvor: [2]

## 1.2. PROPUSNA MOĆ CESTE I RASKRIŽJA

Propusna moć (kapacitet) maksimalan je broj vozila koji može proći u jedinici vremena kroz promatrani presjek cestovne prometnice. Na osnovi poznavanja propusne moći  $N$  [voz/h] mogu se procijeniti nedostaci postojeće cestovne mreže i predložiti odgovarajuće izmjene. Propusna moć služi kao osnovica za sve intervencije i zahvate na određenom dijelu ceste (proširenje kolnika, rekonstrukcija zavoja, reguliranje čvorišta, promjene režima prometa i sl.). Isto tako, pri projektiranju novih cesta i čvorišta poznavanje propusne moći i prometnog opterećenja nužan je preduvjet da se može pristupiti tehničkim analizama, uspoređivanju varijanata i izboru najpovoljnijeg rješenja. [3]

### 1.2.1. Propusna moć ceste

Prema [4], pri određivanju propusne moći prometnice polazi se od propusne moći jednoga prometnog traka. Propusna moć  $U$  prometnice na jednom voznom traku u broju vozila za jedan sat dana je jednadžbom:

$$U = \frac{60 \cdot 60 \cdot v}{a} = \frac{3600 \cdot V}{3,6 \cdot a} = \frac{1000 \cdot V}{a} \text{ [voz/h]}$$

u kojoj je:

$U$  – propusna moć voznog traka [voz/h];

$v$  – brzina vožnje vozila [m/s];

$V$  – brzina vožnje vozila [km/h];

$a$  – sigurnosni razmak između vozila u kretanju [m].

Prva teorijska razmatranja zakonitosti kretanja vozila i propusne moći polazila su od pretpostavke da se prometni tok ponaša kao fluid, tj. da je homogen. Uz tu pretpostavku, može se primijeniti osnovna zakonitost prometnog toka da je

$$q = g \cdot V \text{ [voz/h]}$$

gdje je:

$q$  – protok vozila [voz/h];

$g$  – gustoća prometnog toka [voz/km];

$V$  – brzina prometnog toka [voz/h]. [3]

Veličina razmaka između vozila u nizu  $r_{s0}$  može se dobiti s pomoću izraza

$$r_{s0} = \frac{1000}{g} \text{ [m/voz]}$$

odnosno

$$g = \frac{1000}{r_{s0}} \text{ [voz/km]}$$

Uvrsti li se vrijednost za gustoću  $g$  u prethodnu jednadžbu, dobije se:

$$q = \frac{1000 \cdot V}{r_{s0}} \text{ [voz/h]}$$

Budući da je propusna moć  $N$  jednaka maksimalnom protoku  $N=q_{\max}$ .

$$N = \frac{1000 \cdot V}{r_{s0}} \text{ [voz/h]}$$

Pomoću te jednadžbe dobit će se najveća propusna moć ceste za jedan prometni trak. Razmak između vozila u kretanju  $r_{s0}$  [m] ovisi o stvarnim uvjetima kretanja vozila, i to: o načinu kočenja vozila, o kolničkom zastoru, o vremenu reagiranja vozača i sl. Duljina razmaka može se uzeti ovisno o tomu proračunava li se zaustavni put pri intenzivnom kočenju, pri slobodnom kočenju ili sva vozila koče pod istim ili različitim uvjetima itd. [3]

Pri intenzivnom kočenju propusna moć iznosi:

$$N = \frac{1000 \cdot V}{r_z + \frac{V \cdot t_R}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_{1B} + \frac{u}{100})} - \frac{V^2}{254 \cdot (f_{1A} + \frac{u}{100})}}$$

odnosno

$$N = \frac{1000 \cdot V}{r_z + \frac{V \cdot t_r}{3,6} + \frac{V^2}{25,92 \cdot a_{2B}} - \frac{V^2}{25,92 \cdot a_{2A}}}$$

Pri slobodnom kočenju propusna moć  $N$  iznosi

$$N = \frac{1000 \cdot V}{r_z + \frac{V \cdot t_R}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_{1B} + \frac{u}{100})} + \frac{1,36 \cdot V \cdot (f_{1B} + \frac{u}{100})}{s_u} - \frac{V^2}{254 \cdot (f_{1A} + \frac{u}{100})} - \frac{1,36 \cdot V \cdot (f_{1A} + \frac{u}{100})}{s_u}}$$

Odnosno

$$N = \frac{1000 \cdot V}{r_z + \frac{V \cdot t_R}{3,6} + \frac{V^2}{25,92 \cdot a_{2B}} + \frac{V \cdot a_{2B}}{7,2 \cdot s_u} - \frac{V^2}{25,92 \cdot a_{2A}} - \frac{V \cdot a_{2A}}{7,2 \cdot s_u}}$$

Ako za jedan smjer vožnje postoji veći broj prometnih trakova, propusna će moć biti veća, ali ne razmjerno povećanju broja prometnih trakova, nego umanjena za redukcijski koeficijent prema jednadžbi:

$$N_n = \gamma * n * N$$

u kojoj je:

$N_n$  – propusna moć više prometnih trakova;

$n$  – broj prometnih trakova;

$\gamma$  – redukcijski koeficijent.

Vrijednost koeficijenta  $\gamma$  iznosi za dva traka 0,9, za tri traka 0,75 - 0,78, a za četiri traka 0,60 - 0,65. [3]

Takav način proračuna propusne moći bio bi moguć samo ako je prometni tok homogen, tj. ako su sva vozila u toku istih tehničkih svojstava, ako svi vozači imaju iste psiho-fizičke značajke i ako su na svim dijelovima ceste osigurani jednaki uvjeti vožnje. Budući da takav homogeni prometni tok u praksi ne postoji, pri proračunu propusne moći koriste se jednadžbe dobivene na temelju stvarnog (mješovitog) prometnog toka, uzimajući u obzir širinu prometnog traka, bočne smetnje, vidljivost, sigurnost, udobnost, čimbenik vršnog sata, geometrijske elemente ceste, strukturu prometa i sl. Na osnovi opsežnih ispitivanja u SAD, utvrđena je metoda za proračun propusne moći koja je obavljena u HCM-u (Highway Capacity Manual) godine 1985. i 1994. [3]

Korištenjem inozemnih i naših iskustava, dobivene su jednadžbe za proračun propusne moći, i to za:

- ceste s dvama prometnim trakama za dvosmjerni promet;
- autoceste, ceste s fizički odvojenim smjerovima vožnje i ceste s četiri ili više prometnih trakova.

Propusna moć ceste s dvama prometnim trakovima za dvosmjerni promet  $N_1$  može se izračunati s pomoću jedne jednadžbe:

$$N_1 = 2200 * n_1 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * k_1 \text{ [voz/h]}$$

Propusna moć autoceste, ceste s fizičkim odvojenim smjerovima vožnje i ceste s četiri ili više prometnih trakova  $N_2$  može se izračunati s pomoću jedne jednadžbe:

$$N_1 = 2200 * n_2 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * k_1 \text{ [voz/h]}$$

gdje je:

$N_1$  – propusna moć u oba smjera na cesti s dvama prometnim trakama ta dvosmjerni promet [voz/h];

$N_2$  – propusna moć u jednom smjeru na autocesti, cesti s fizičkim odvojenim smjerovima vožnje i cesti s četiri ili više prometnih trakova [voz/h];

$n_1$  – broj prometnih trakova u oba smjera;



- $n_2$  – broj prometnih trakova u jednom smjeru;
- $K_1$  – korekcijski čimbenik utjecaja širine prometnih trakova;
- $K_2$  – korekcijski čimbenik utjecaja tipa prometnice i prometnih trakova;
- $K_3$  – korekcijski čimbenik udaljenosti bočne smetnje;
- $K_4$  – korekcijski čimbenik utjecaja veličine i duljine uzdužnog nagiba;
- $k_1$  – korekcijski čimbenik utjecaja sastava prometnog toka. [3]

Propusna moć koja se dobije na osnovi prethodnih jednadžbi ne pruža zadovoljavajuće uvjete propusne udobnosti. Zbog toga je potrebno odrediti dopušteno prometno opterećenje koje je manje od propusne moći, da bi se dobila odgovarajuća razina usluge.

**Razina usluge** ( Level of service – LOS) je kvalitativna mjera koja opisuje uvjete prometnog toka. Sastoji se od niza elemenata, kao što su: brzina vožnje, vrijeme putovanja, sloboda manevriranja, utjecaj drugog prometa, udobnost vožnje i troškovi eksploatacije vozila. Prema HCM-u pri odvijanju prometnog toka definirano je šest razina usluga, od A do F. Razina usluge A predstavlja najbolje/najpovoljnije operativne uvjete, dok razina F predstavlja najlošije/najnepovoljnije. [3]

Za mjeru razine usluge raskrižja najčešće se koristi prosječno zakašnjenje. U sljedećoj tablici prikazane su vrijednosti koje se koriste po metodologiji HCM 2000.

**Tablica 2. Razina usluge raskrižja prema HCM 2000**

RAZINA USLUGE SEMAFORIZIRANIH RASKRIŽJA	PROSJEČNO ZAKAŠNJENJE (sekunde)	RAZINA USLUGE NESEMAFORIZIRANIH RASKRIŽJA	PROSJEČNO ZAKAŠNJENJE
<b>A</b>	$\leq 10$	<b>A</b>	0-10
<b>B</b>	$>10-20$	<b>B</b>	$>10-15$
<b>C</b>	$>20-35$	<b>C</b>	$>15-25$
<b>D</b>	$>35-55$	<b>D</b>	$>25-35$
<b>E</b>	$>55-80$	<b>E</b>	$>35-50$
<b>F</b>	$>80$	<b>F</b>	$>50$

Izvor: [19]

### 1.2.2. Propusna moć između dvaju semaforiziranih raskrižja

Broj križanja i njihov razmak uvelike utječe na propusnu moć. Ako vozilo stigne na križanje za vrijeme zelenog svjetla, vrijeme čekanja jednako je nuli, a ako stigne na

početku crvenog svjetla, čekati će cijeli ciklus. U presjeku će svako vozilo imati istu vjerojatnost čekanja, koja iznosi:

$$t_{\check{c}} = \frac{C - t_z}{2}$$

gdje je:

$t_{\check{c}}$  – vjerojatnost čekanja (prosječno izgubljeno vrijeme);

$C$  – duljina trajanja ciklusa;

$t_z$  – duljina trajanja zelenog svjetla.

Propusna moć prometnice na križanjima sa semaforima bit će manja od propusne moći prometnice bez križanja. Utjecaj križanja sa semaforima može se predočiti s pomoću koeficijenta  $\beta$ , koji označuje gubitak vremena za usporavanje, čekanje i ubrzavanje pri prolasku vozila kroz križanje. Vrijednost koeficijenta  $\beta$  dana je jednadžbom: [3]

$$\beta = \frac{L_0}{L_0 + \frac{v^2}{2 \cdot a_1} + \frac{v^2}{2 \cdot a_2} + \frac{C - t_z}{2} \cdot v}$$

gdje je:

$L_0$  – razmak između križanja [m];

$v$  – brzina vozila [m/s];

$a_1$  – ubrzanje vozila [m/s<sup>2</sup>];

$a_2$  – usporenje vozila [m/s<sup>2</sup>].

Prema tomu propusna moć prometnice  $N_k$  između dvaju križanja sa semaforima može se izračunati prema izrazu:

$$N_k = N_m \cdot \beta$$

Propusnu moć svakoga pojedinog poteza prometnice čini umnožak propusne moći prolaza  $N_m$  i koeficijenta  $\beta$ , kojim se uzima u obzir utjecaj križanja sa semaforima.

Za proračun propusne moći križanja sa semaforima u svijetu primjenjuje se metoda HCM O.K. Normama objavljena u „Highway Capacity Manual“.

### **1.2.3. Čimbenici koji utječu na propusnu moć semaforiziranih raskrižja**

Na propusnu moć križanja sa semaforima utječu sljedeći čimbenici:

1. Fizičko - operativni uvjeti;
2. Uvjeti okoline;

3. Prometne značajke;
4. Kontrolne mjere. [3]

**U fizičko-operativne uvjete ubrajamo:**

1. Širina pristupne ceste;
2. Jednosmjerne i dvosmjerne prometnice;
3. Uvjeti parkiranja. [3]

Širina pristupne ceste prema raskrižju važnija je od broja prometnih trakova. Broj trakova koji je formiran prema zahtjevima prometa može se mijenjati postavljanjem čunjeva, promjenom signala i sl.

Na prilazima jednosmjernim ulicama lakše je provesti lijeva skretanja, a znatno se smanjuje i broj točaka konflikata. Jednosmjerne ulice imaju bolji signalni tok.

Zabranom parkiranja na prilazu raskrižju i u njegovoj blizini znatno se povećava propusna moć.

**Uvjeti okoline očituju se:**

1. Čimbenikom opterećenja;
2. Čimbenikom vršnog sata;
3. Brojem stanovnika na području raskrižja;
4. Položajem raskrižja u gradskom području. [3]

Čimbenik opterećenja je mjerilo stupnja iskorištenja pristupa raskrižju tijekom jednog sata vršnog prometnog toka. Taj čimbenik je odnos između broja zelenih prometnih faza koje su potpuno prometno iskorištene prema ukupnom broju zelenih faza u istom vremenskom razdoblju.

Čimbenik vršnog sata označuje odnos broja vozila koja se pojavljuju u vršnom satu prema četverostrukom broju vozila izbrojenih u petnaest minuta najvišeg opterećenje.

Broj stanovnika na području raskrižja također utječe na njegovu propusnu moć: veća je propusna moć raskrižja u većim gradovima nego istih takvih raskrižja u malim gradovima. To se objašnjava time što vozači u većim gradovima imaju više iskustva u prilagođavanju većoj gustoći prometa.

Položaj raskrižja u gradskim područjima može biti u središnjoj, perifernoj, prigradskoj i u stambenoj zoni. Svaka od ovih zona ima svoje specifičnosti u odvijanju prometa preko raskrižja.

**Prometne značajke određuju:**

1. Vozila koja skreću;

2. Kamioni i prolazni autobusi;
3. Lokalni tranzitni autobusni promet. [3]

Skretanje vozila znatno utječe na propusnu moć raskrižja. Lijeva i desna skretanja ovise i o pješačkom prometu i načinu reguliranja prometa.

Više kamiona i prolaznih autobusa smanjuju propusnu moć raskrižja zato što jer zauzimaju veću prometnu površinu, a imaju i manje ubrzanje od osobnih vozila.

Lokalni tranzitni autobusni promet utječe na propusnu moć raskrižja. Stupanj takvog utjecaja ovisi o poziciji stajališta, broju autobusa u vrijeme vršnog sata te broju putnika koji ulaze ili izlaze iz autobusa.

**Od kontrolnih mjera** koje utječu na propusnu moć raskrižja ističu se:

1. Postavljanje semafora;
2. Označavanje prilaznih trakova. [3]

Glavni utjecaj semafora svakog raskrižja na propusnu moć, izraženu brojem vozila na sat za vrijeme zelenog svjetla, uvjetuje veličinu stupnja zaustavljanja vozila. Važni elementi koji utječu na vremensku izmjenu signala su: duljina ciklusa, omjer zelenog svjetla prema cijelom ciklusu i žuto svjetlo.

Na veličinu propusne moći utječe i broj prometnih trakova. Smatra se da pri većem broju kamiona i autobusa u prometu širina traka ne bi smjela biti manja od 3,00 [m]. [3]

## 4. UTJECAJ PROMETNO – TEHNIČKIH ELEMENATA CESTE NA PROPUSNU MOĆ I SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

U ovom poglavlju navedeni su prometno – tehnički elementi kao utjecajni parametri na propusnu moć i sigurnost cestovnog prometa. Pod ovim elementima podrazumijevaju se elementi poprečnog presjeka ceste te tlocrtni elementi ceste čije su karakteristike i načela uporabe detaljno opisani.

### 4.1. PROMETNI TRAK

Prometni trak je dio kolničkog traka čija je širina dovoljna za nesmetan promet jednog reda motornih vozila koja se kreću računskom brzinom u jednom smjeru. Ukupna širina kolnika sastoji se od jednog, dvaju ili više prometnih trakova te ovisi o njihovoj širini. Broj trakova određuje se prema značenju ceste, gustoći prometa i zahtijevanoj propusnoj moći ceste. Širina prometnog traka ovisi o širini mjerodavnog vozila i bočnom sigurnosnom razmaku između vozila. Razmak ovisi o brzini, što znači da će širina prometnog traka biti veća što je veća brzina prometnog toka. Prema hrvatskim tehničkim propisima, širina prometnog traka se određuje na temelju projektne brzine, razreda ceste i konfiguracije terena. [4]

Širina prometnog traka za vozila u kretanju:

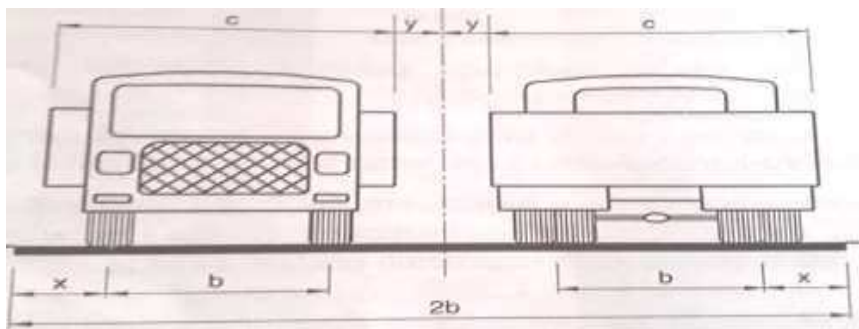
1.  $B = b + 2X$  – jednotračni kolnik
2.  $B = \frac{c+b}{2} + x + y$  – dvotračni/dvosmjerni kolnik

pri čemu je:

$$x = y = f(V_r) \cdot 0,05 + 0,005V_r,$$

$x, y$  – sigurnosni razmak od ruba odnosno od drugog vozila,

$b, c$  – geometrijske veličine vozila.



Slika 19. Širina prometnog traka

Izvor: [4]

Nepropisna širina kolnika velika je opasnost za sigurnost prometa, a osobito pri prolasku teretnih vozila. Mnoga istraživanja dokazala su da se povećanjem širine prometnih trakova broj nesreća smanjuje. U sljedećoj tablici prikazane su širine prometnih trakova za razne projektne brzine.

**Tablica 3. Širina prometnog traka za različite projektne brzine ( $V_p$ )**

$V_p$ (km/h)	$\geq 120$	100	90	80	70	60	50	40
$\check{S}$ (m)	3,75	3,50	3,50	3,25	3,00	3,00	3,00 (2,75)	2,75 (2,50)

Izvor: [4]

## 4.2. RUBNI TRAK

Rubni trak učvršćeni je dio cestovnog presjeka između bankine i kolnika ili između kolnika i staze za bicikle, mopede ili pješake. Rubni trak osigurava rub kolnika od oštećenja i jasno označuje desni rub prometnog traka. Može biti izveden kao posebni element ili kao proširenje kolničke konstrukcije uz označavanje rubnom crtom. [4]

Širina rubnog traka ovisi o širini prometnog traka, a njegove dimenzije prikazane su u tablici 4.

**Tablica 4. Odnos prometnog i rubnog traka**

Prometni trak (m)	Rubni trak (m)
3,75	0,50
3,50	0,35
3,25-3,00	0,30
2,75	0,20

Izvor: [4]

## 4.3. BANKINA, BERMA

Neposredno uz rubni trak, na dijelu ceste u nasipu ili zasijeku nalazi se bankina. To je utvrđeni ili neutvrđeni dio ceste izgrađen od zemljanog materijala i zasijana travom. Bankina je sigurnosni element poprečnog presjeka i služi za smještanje prometnih znakova, smjerokaznih stupića, stacionarnih oznaka, zaštitnih ograda, odlaganju materijala za održavanje, zaustavljanju vozila u nuždi, a iznimno prometu pješaka. [4]

Širina bankine određuje se na temelju širine prometnog traka (Tablica 5).

**Tablica 5. Odnos širine prometnog traka i bankine**

Širina prometnog traka (m)	Širina bankine (m)
3,75	1,50
3,50	
3,25	1,20
3,00	
2,75	1,00

Izvor: [4]

U usjecima se bankina izvodi kao berma, neposredno uz rigol. Nagib berme iznosi 5 – 6 % te je usmjeren prema rigolu. Berma služi za povećanje horizontalne preglednosti u zavoju, za otklanjanje neugodnog dojma kojeg na vozača ostavlja blizina kosine usjeka i za postavljanje prometnih znakova. [4]

#### **4.4. RIGOL**

Rigoli se izvode uz rub kolnika, a služe za preuzimanje površinske vode i njezinu odvodnju. Za neposrednu odvodnju uz kolnik primjenjuje se trokutasti, žljebasti i četvrtasti rigoli. Trokutasti rigoli izvode se na svim izvangradskim cestama (osim autocesta) u usjecima i zasjecima te na cestama u naselju u kombinaciji s rubnjakom. Širina trokutastih rigola u rasponu je od 0,60 do 0,90 [m] s preporučenim nagibom 10 - 15%. [20]

#### **4.5. TRAK ZA ZAUSTAVLJANJE**

Katkada, tijekom vožnje, vozilo treba zaustaviti na cesti. Zaustavljanjem vozila smanjuje se propusna moć ceste, pa stoga, na autocestama i cestama 1. i 2. razreda za oba smjera vožnje treba izraditi trakove za zaustavljanje vozila.

Širina zaustavnog traka iznosi 2,50 [m], a iznimno može iznositi 1,75 [m] na brzim cestama ili na cestama 1. razreda s četiri prometna traka. Zaustavni trak izvodi se neposredno uz rubni trak ili uz rubnu crtu s desne strane kolnik, a poprečni nagib je istog smjera kao i kolnik. [4]

#### **4.6. TRAK ZA SPORA VOŽNJU**

Na velikim usponima koji premašuju 4% teška teretna vozila gube brzinu i tako ometaju brži promet. Da ne dođe do zastoja prometa, grade se trakovi za spora vozila. Prema našim propisima, kritična brzina pri kojoj teretna vozila moraju napustiti prometni trak, odnosno vratiti se na prometni trak je  $V_r = 50$  [km/h].

Početak traka za spora vozila mora biti na mjestu gdje se brzina sporog vozila smanji na 50 [km/h], a završetak na mjestu gdje se brzina sporog vozila poveća na 50 [km/h].

Širina traka za spora vozila ne smije biti manja od 3,00 [m]. [20]

#### **4.7. RAZDJELNI POJAS**

Razdjelni pojas predviđen je na autocestama i na cestama s dva kolnika. Sadrži razdjelne ograde, uređaje za odvodnju, stupove rasvjete i signalizacije, a osnovna svrha razdjelnog pojasa je razdvajanje nasuprotnih prometnih tokova. Širina razdjelnog pojasa iznosi 4,00 [m] na autocestama u nizinskom terenu, a u ostalim slučajevima iznosi 3,00 [m]. Na cestama 1. razreda razdjelni trak može iznositi 2,00 [m].

Rubni razdjelni trakovi razdvajaju automobilski i nemotorizirani promet, a služe i estetskoj te zaštitno - ekološkoj svrsi. Obično se ozelenjuju te je dostatna širina 2,00 [m], a za sadnju drvoreda prihvaća se širina preko 4,00 [m]. [4]

#### **4.8. PJEŠAČKE I BICIKLISTIČKE STAZE**

Na cestama s dopuštenim pješačkim prometom potrebno ga je primjerenim proširenjem i učvršćenjem bankina omogućiti. Ako je pješački promet veći, potrebno je izgraditi posebne pješačke staze. Pješačke se staze moraju izgraditi u naseljima i na prilaznim putovima izvan naselja.

Širina pješačkih staza ovisi o broju prometnih trakova, tj. o veličini pješačkog prometa. Širina traka za normalno kretanje pješaka je 0,75 - 0,80 [m]. Pješačke staze su širine 0,80 [m] s najmanje dva traka. Visina slobodnog profila pješačke staze iznosi 2,50 [m]. Ako je uz pješačku stazu stalna zapreka (zgrada, drveće, ograda i sl.) potrebno je ostaviti zaštitni trak širine 0,20 [m]. [20]



U profilu ceste biciklističke staze se odvajaju od kolnika visinski ili iznimno razdjelnim trakom. Za svaki smjer vožnje mora postojati minimalno jedan prometni trak. Slobodna visina gabarita biciklističke staze je 2,50 [m]. Biciklističke staze u profilu cesta namijenjenih samo motornom prometu su zabranjene. [4]

#### 4.9. HORIZONTALNA I VERTIKALNA PREGLEDNOST

Sigurnost prometa i kvaliteta prometnog toka zahtijevaju preglednost na prometnici, kako bi se omogućilo pravovremeno smanjenje brzine, zaustavljanje vozila ili preticanje. Dužinom cijele trase potrebno je osigurati duljinu preglednosti koja bi odgovarala duljini zaustavljanja pred nepomičnom zaprekom.

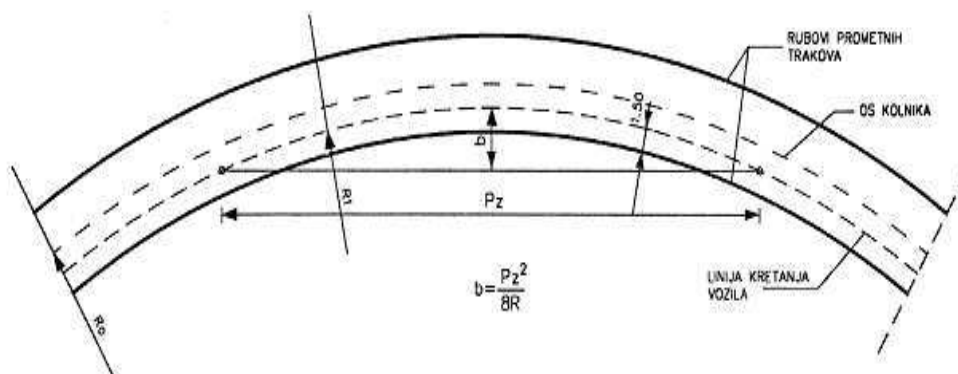
##### 4.9.1. Horizontalna preglednost

U zavoju mora biti osigurana horizontalna preglednost. To se osiguranje provodi kad se s unutrašnje strane zavoja nalaze različite građevine, drveće, grmlje, ili kada je zavoj u usjeku ili zasijeku. Kad nije moguće osiguranje potrebne horizontalne preglednosti proširenjem unutrašnje strane zavoja, projektom se mora predvidjeti drugi način osiguranja prometa (postavljanje zrcala, razdvajanje smjerova vožnje i sl.).

Horizontalna preglednost mora se osigurati za:

1. Sigurno zaustavljanje vozila pred nepomičnom zaprekom;
2. Pretjecanje vozila. [3]

Širina preglednosti računa se od putanje oka vozača (koja je udaljena 1,50 [m] od ruba prometnog traka). Horizontalna preglednost ovisi o polumjeru zavoja i o zaprekama koje se nalaze uz slobodni profil ceste.



Slika 20. Elementi horizontalne preglednosti

Izvor: [16]

Gdje je:

b (m) - širina preglednosti;

Pz (m) – tražena dužina preglednosti;

R (m) - polumjer zavoja ( $R_1 \gg R_0$ ).

Za izvođenje manevra pretjecanja potrebna je znatno veća duljina preglednosti nego za zaustavljanje vozila pred nepomičnom zaprekom.

Ako na nekom dijelu ceste iz bilo kojeg razloga nije osigurana tražena zaustavna preglednost (Pz) prema tablici 6. za mjerodavnu brzinu, mora se ograničiti brzina na onu veličinu za koju je osigurana zaustavna preglednost. [21]

**Tablica 6. Ovisnost širine preglednosti b (m) o  $V_{r\check{z}}$ ,  $R_{min}$  i Pz**

$V_r$ (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
$R_{min}$ (m)	25	45	75	120	175	250	350	450	600	750	850
Pz (m)	25	35	50	70	90	120	150	190	230	280	340
b (m)	2.9	3.6	4.3	5.1	6.0	7.1	8.3	9.9	11.3	13.3	17.0

Izvor: [21]

#### 4.9.2. Vertikalna preglednost

Pri promjeni nagiba nivelete nastaju prijelomi koji mogu biti konveksni ili konkavni. Prijelomi nivelete zaobljuju se kružnim lukom, kvadratnom parabolom ili klotoidom. U praksi se obično primjenjuje kvadratna parabola čija jednadžba glasi:

$$x^2 - 2 * R_v * y = 0$$

odnosno veličina ordinate zaobljenja y:

$$y = \frac{x^2}{2 * R_v} \quad [3]$$

Vertikalna preglednost u vertikalnom smislu ovisna je o izboru polumjera zakrivljenosti vertikalnih zavoja. Vertikalna preglednost ovisi o polumjeru vertikalnog zaobljenja kod konveksnog prijeloma nivelete, a dužina se izračunava vezano za dužinu zaustavnog puta. Prema poglavlju 4., *Pravilnika o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa*, utvrđene su najmanje vrijednosti vertikalnih polumjera zakrivljenosti u ovisnosti o mjerodavnoj brzini vozila koji osiguravaju traženu zaustavnu preglednost na cesti uz sljedeće pretpostavke:

$$R_{\min} = \frac{P_z^2}{2 \left( \sqrt{h_0} + \sqrt{h_1} \right)^2}$$

gdje je:

$R_{\min}$  (m) - najmanji polumjer konveksnog vertikalnog zaobljenja;

$P_z$  (m) - zaustavna preglednost;

$h_0$  (m) - visina oka vozača (1,0 m);

$h_v$  (m) - vidljivi dio nepomične zapreke (5 - 10 cm);

$h_1$  (m) - nevidljivi dio nepomične zapreke (30 cm -  $h_v$ ). [21]

Vrijednost vidljivog i nevidljivog dijela nepomične zapreke dane su u ovisnosti o mjerodavnoj brzini vozila u tablici 7.

**Tablica 7. Visine dijelova zapreke  $h_v$  (cm) i  $h_1$  (cm) za razne brzine  $V_r$  (km/h)**

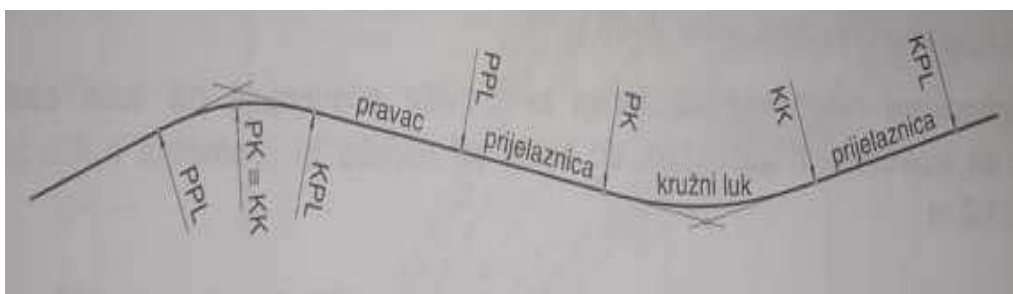
$V_r$ (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
$h_v$ (cm)	5	5	5	5	5	5	5	5	7	8	10
$h_1$ (cm)	25	25	25	25	25	25	25	25	23	22	20

Izvor: [21]

#### 4.10. TLOCRTNI I VERTIKALNI ELEMENTI CESTE

Cesta se u tlocrtnoj projekciji sastoji od linija koje predstavljaju sastavnice karakterističnih točaka poprečnih presjeka te definiraju njihov položaj u vodoravnoj (horizontalnoj) ravnini.

Tlocrtni elementi ceste su pravci, kružni lukovi i prijelaznice. Za ceste namijenjene brzom prometu poželjna je ispružena cestovna linija, koja se sastoji od duljih pravaca, duljih prijelaznih zavoja i kružnih lukova velikih polumjera zakrivljenosti.



**Slika 21. Izgled osi ceste u tlocrtu**

Izvor: [4]

#### 4.10.1. Pravac

Nekada se smatralo da je pravocrtno pružanje ceste najbolje, jer je put najkraći. Međutim vođenje linije ceste u dugim pravcima ima nedostataka [4]:

1. Vožnja dugim pravcima zamara vozača i postaje monotona;
2. Na pravcima je otežano procjenjivanje udaljenosti između vozila;
3. Dugi pravci mogu uzrokovati neharmonični tok linije ceste, jer se ne može dobro prilagoditi raznim oblicima terena;
4. Na pravcu se povećava opasnost, posebno pri mimoilaženju vozila noću, jer dolazi do zasljepljivanja vozača od strane vozila koje dolazi iz suprotnog smjera;
5. Na pravcu se pojavljuje osjećaj nesigurnosti, osobito na većim nizbrdicama.

Najmanja duljina pravca trebala bi iznositi  $2Vr < L_{pr} < 20Vr$ . Najmanja duljina među pravca između dva zavoja istog smjera treba biti  $4Vr$ , no bolje je pravac zamijeniti zavojem većeg polumjera.[4]

#### 4.10.2. Kružni luk

Zavoji utječu na odvijanje prometa i propusnu moć cesta te ih treba projektirati sa što većim polumjerima. Vožnja kroz zavoj je teža što je manji polumjer zavoja, što je veća brzina, što je dulje vozilo i što je uži prometni trak. Pri pružanju ceste osobito je pogodno ako se desni zavoj nastavlja na lijevi itd., ili obratno, budući da se tako postiže dobra preglednost ceste. [4]

Kružni luk je temeljni tlocrtni element ceste. Veličina polumjera kružnog luka ovisi o projektnoj brzini, terenskim uvjetima, susjednim zavojima i o mogućem odnosu projektne i računске brzine.

Pri projektiranju se ne smije dopustiti uzastopno nizanje zavoja velikih i malih polumjera. Ako se koristi polumjer zavoja, npr.  $R = 1500$  [m], a odmah zatim polumjer  $R = 200$  [m], vožnja postaje nesigurna i postoji mogućnost prelaska vozila na suprotnu stranu kolnika. [4]

Najmanji polumjer kružnog luka dobiva se iz uvjeta stabilnosti vozila u zavoju, pri određenoj računskoj brzini i najvećem dopuštenom poprečnom nagibu kolnika u zavoju. [4]

### 4.10.3. Prijelaznice

Pravilno oblikovanje prijelaznih zavoja ima veliko značenje za sigurnost prometa na cestama. Pojavom bržega motornog prometa, pojavila se potreba za gradnjom prijelaznih zavoja ili prijelaznica, budući da bi se neposrednim prelaskom u kružni luk trenutačno pojavilo djelovanje centrifugalne sile koju vozilo i putnici osjećaju kao trzaj ili bočni udar. Da se to spriječi, umeće se između pravca i kružnog luka prijelazni zavoj. Na cestama gdje prijelaznica nije izvedena vozilo će još prije ulaza u kružni luk napuštati svoj prometni trak i kretati se po nekoj prijelaznoj krivulji te tako ugrožavati sigurnost prometa. [4]

Prijelaznice se primjenjuju uvijek kada trasa ceste prelazi iz jedne zakrivljenosti u drugu:

1. Između pravca i kružnog luka;
2. Između dva suprotno smjerna kružna luka;
3. Između dva istosmjerna kružna luka različitih polumjera. [5]

Prijelaz iz pravca u kružni luk bez prijelaznice iznimno se može dopustiti u posebno opravdanim slučajevima (pomak luka zahtjeva velike troškove). Veličine polumjera  $R$  za koje se dopušta prijelaz iz pravca u kružni luk bez prijelaznice navedene su u tablici 8.

**Tablica 8. Polumjeri u odnosu na računsku brzinu**

$V_r$ [km/h]	30 40 50 60 70 80	90	100	110	120
$R$ [m]	1500	1800	2000	2500	3000

Izvor: [5]

Prijelaznica mora zadovoljavati ove uvjete:

1. Omogućiti postupno zakretanje prednjih kotača tijekom vožnje;
2. Postupno povećavanje bočnog trzaja koji se pojavljuje uslijed djelovanja centrifugalne sile;
3. Omogućiti jasno uočavanje oštine zavoja. [5]

Oblik prijelaznog zavoja mora udovoljiti sljedećim zahtjevima:

1. Prijelaz iz pravca u kružni luk mora biti postupan i kontinuiran;
2. Prijelazi zavoj u svojoj krajnjoj točki mora tangirati kružni luk;
3. Promjena zakrivljenosti mora slijediti određeni zakon zakrivljenosti. [5]

## **5. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA DIONICE MAGISTRALNE CESTE M 17.4 NA PODRUČJU GRADA LJUBUŠKOG**

Analiza postojećeg stanja predstavlja analizu svih elemenata bitnih za odvijanje prometnog procesa na području obuhvata. Analiza postojeće situacije prometnog sustava važna je kako bi se dobio uvid u stvarno trenutno stanje na prometnicama, neovisno o tome obavlja li se samo korekcija postojećeg sustava ili se planiraju neki veći investicijski zahvati.

Analiza magistralne ceste M 17.4 izvršena je iz smjera sjevera (Mostrska Vrata) prema jugu na granici s Republikom Hrvatskom (Crveni Grm). Dionica ceste većim dijelom prolazi kroz naseljena područja grada Ljubuškog, a to su: Mostarska Vrata, Ljubuški (Ljubuška zaobilaznica), Humac, Teskera i Crveni Grm.

Duljina dionice koja je uzeta u razmatranje iznosi oko 15 [km], a obilježena je mnogim sporednim ulicama, kućnim prilazima i sl.

Analizom dionice obuhvaćen je nosivi ustroj ceste, elementi poprečnog presjeka ceste, uključujući prometni i slobodni profil te analiza cestovnih raskrižja na kojima je uočena problematika odvijanja prometnih tokova na osnovu rezultata brojanja prometa.

### **5.1. NOSIVI USTROJ ANALIZIRANE DIONICE**

Cesta kao građevinski objekt sastoji se od gornjeg i donjeg ustroja. Pod donjim ustrojem ceste podrazumijevaju se zemljani trup i objekti kao što su mostovi, propusti, vijadukti, potporni i obložni zidovi itd. Gornji ustroj ceste obuhvaća dio ceste koji izravno preuzima sva opterećenja nastala zbog prometa vozila i prenosi ga na donji ustroj ceste. [5]

#### **5.1.1. Postojeće stanje donjeg ustroja dionice**

Zadaća donjeg ustroja ceste je da preuzme sva prometna opterećenja i konstrukciju gornjeg ustroja. Stvara ravnu površinu na koju naliježe gornji ustroj.

Zemljani trup ove dionice ceste načinjen je od zemlje i šljunka te se najvećim dijelom cesta pruža u nasipu, osim početnog analiziranog dijela od Mostarskih Vrata do ulaza u grad Ljubuški gdje se cesta pruža podnožjem Buturovice te je izvedena u zasijeku (oko 1,80 [km]).

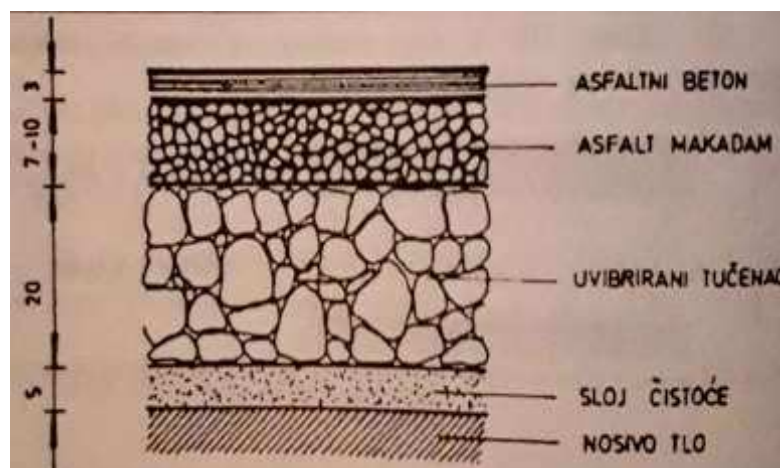
Obnova dionice magistralne ceste na području grada vršena je 2013. godine uz izostavljanje kraćih relacija na području naselja Crvenog Grma. Uvid u trenutno stanje na pojedinim lokacijama dovodi do pitanja kakvoće izvedbe tih radova.

Na ovoj dionici nalazi se i most („Bagin most“), duljine 55 [m], kao sastavni dio donjeg postroja ceste koji premošćuje rijeku Trebižat u naselju Humac.

### 5.1.2. Postojeće stanje gornjeg ustroja dionice

Zadaća gornjeg ustroja je prenošenje prometnih opterećenja na donji ustroj ceste te da omogući brzo, sigurno, udobno kretanje vozila i da spriječi utjecaj atmosferskih prilika na zemljani trup. Sve to se postiže primjenom odgovarajućeg materijala i odgovarajućih strojeva za pripremu i ugradnju tog materijala. Gornji ustroj ceste (kolnik) sastoji se od cestovnog zastora i podloge. Cestovni zastor je završni sloj gornjeg ustroja, a sastoji se od habajućeg površinskog sloja i veznog sloja.

Cestovni zastor na cijeloj dužini dionice magistralne ceste izveden je kao suvremeni zastor od asfaltnog i makadamskog betona. Sastoji se od kamene sitneži i pijeska u koji su dodani asfalt i katran, kao vezno sredstvo. Kao podloga ovom zastoru upotrebljen je nabijeni tučenac (lomljeni kamen). Debljina asfaltnog makadama koji služi kao podloga završnom sloju kolničke konstrukcije iznosi 7 [cm], dok je završni sloj debljine 5 [cm].



Slika 22. Presjek kolničke konstrukcije

Izvor: [5]

S obzirom na količinu prometa i opterećenja koji prihvaća ova kolnička konstrukcija, mjestimično se javljaju njena oštećenja čak i na onim mjestima dionice koja su bila obuhvaćena projektom obnove ove magistralne ceste 2013. godine.

Konkretni primjeri oštećenja kolničke konstrukcije kao posljedica slijeganja i deformacije zemljanog trupa prikazani su na sljedećim slikama.

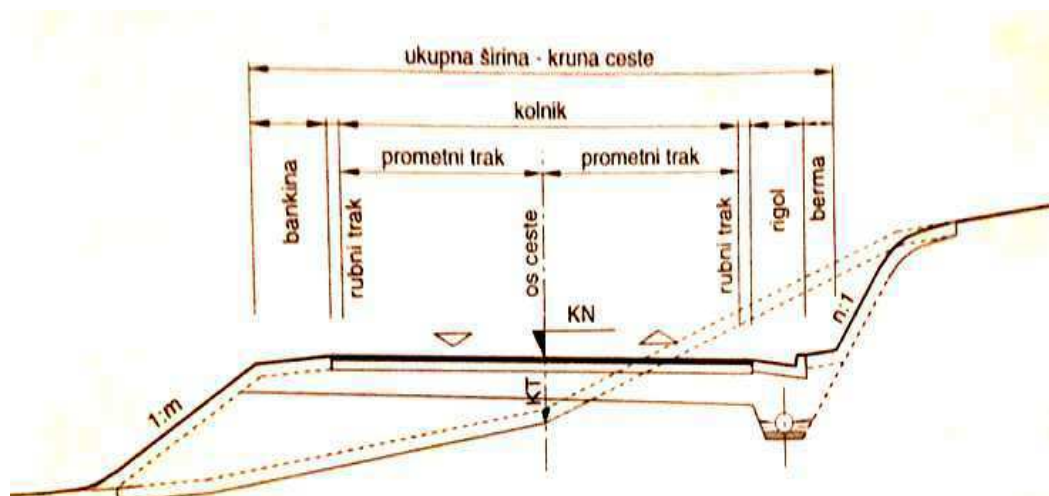


Slika 23. Oštećenje kolničke konstrukcije

Izvor: autor

## 5.2. POPREČNI PRESJEK ANALIZIRANE DIONICE

Osnovni elementi poprečnog presjeka ceste su prometni trak kao dio kolnika, rubni trak, bankina odnosno berma te rigol ili jarak kao uređaji za odvodnju. Osim tih elemenata poprečni presjek ceste može sadržavati i trak za stajanje, trak za spora vozila, razdjelni pojas, trak za bicikliste i hodnik za pješake. [4] Detaljan opis svih elemenata poprečnog profila ceste dan je u četvrtom poglavlju diplomskog rada, a slikoviti prikaz na slici ispod.



Slika 24. Osnovni elementi poprečnog presjeka ceste

Izvor: [4]



Cijela dionica magistralne ceste M 17.4 na području grada Ljubuškog sačinjena je od dva prometna traka za kretanje jednog reda vozila u suprotnim smjerovima. Nedostatak ovakvih kolnika je u tomu što se prilikom pretjecanja zauzima prometni trak kojim se kreću vozila iz suprotnog smjera. Mjerenjima na terenu utvrđena je širina jednog prometnog traka koja najvećim dijelom dionice iznosi 3,00 [m], izvan zona raskrižja i horizontalnih zavoja gdje su značajna odstupanja od tih dimenzija. Uzimajući u obzir brežuljkasti teren, računsku brzinu ove dionice (60 [km/h]) te ranije spoznaje o odnosu računске brzine i širine prometnog traka, dolazi se do zaključka da širina od 3,00 [m] zadovoljava trenutne prometne zahtjeve.

Prema tablici 4. iz četvrtog poglavlja koja prikazuje odnos veličina prometnog i rubnog traka može se utvrditi da je zahtijevana širina rubnog traka na analiziranoj dionici 0,30 [m]. Međutim, taj uvjet je zadovoljen manjim dijelom dionice, dok je na pojedinim dijelovima znatno manji ili čak izostavljen. Na mjestima izostavljanja rubnog traka označene su rubne crte čija je širina 0,20 [m].

Bankina koja je nalazi neposredno uz rubni trak ili kolnik na ovoj dionici izrađena je od zemljanog materijala te je većim dijelom obrasla travom. Na pojedinim mjestima njena širina ne zadovoljava uvjet iz tablice 5., gdje se preporučuje širina bankine od 1,00 [m] za širinu prometnog traka od 3,00 [m]. Na dijelovima dionice gdje nije izgrađena pješačka staza (nogostup), pješaci za kretanje koriste bankinu.

Za odvodnju oborinskih voda, na područjima gdje se dionica nalazi u zasijeku, upotrebljavaju se trokutasti rigoli betonske konstrukcije. Na području grada i u zoni gdje je uz cestu izgrađen nogostup, voda se skuplja preko slivnika (šahtova) i sabirne cijevi u kanalizacijski sustav.

Trakovi za zaustavljanje i trakovi za spora vozila ne nalaze se na analiziranoj dionici. Obilaskom terena i promatranjem kretanja prometnih tokova javlja se potreba za izvedbom trake za spora vozila na samom izlazu iz područja grada na duljini oko 1,20 [km]. Od raskrižja Međugorske ulice sa putnim pravcem koji vodi prema Čitluku i Mostaru cesta je jednim dijelom u usponu. Promatranjem kretanja prometnih tokova iz pravca Međugorske ulice do navedenog raskrižja, prometni tokovi kreću se neometano. Na samom raskrižju, vozila koja svoj put nastavljaju u smjeru Čitluka i Mostara (Put za Međugorje) moraju se zaustaviti prilikom skretanja jer presijecaju glavni putni pravac Čapljina – Ljubuški (M 6). Problem se javlja kod teških teretnih vozila koja imaju manje brzine kretanja. Prilikom njihovog uključenja na putni pravac za Čitluk i Mostar javljaju se prometna zagušenja uzrokovana slabom pokretljivošću

vozila i uzdužnog nagiba. Prijedlog izvedbe traka za spora vozila dat je u sljedećem poglavlju rada.

Magistralna cesta M 17.4 na području grada Ljubuškog opremljena je pješačkim stazama (nogostupima) na svim gušće naseljenim dijelovima grada. Pješačke staze izvedene su na način da su smještene samo s jedne strane kolnika na kojoj je bilo više raspoloživog mjesta za njihovu izvedbu. Za razliku od pješačkih, biciklističke staze nisu izgrađene pa se biciklistički promet koji je zastupljen u manjoj mjeri odvija preko postojećih pješačkih staza. Ukupna duljina neprekinute pješačke staze iznosi oko 5,20 [km], a njena prosječna širina je 1,50 [m] te je u skladu s normama za neometano kretanje pješaka. Dio uređene pješačke staze, u Ulici bana Josipa Jelačića, prikazan je na slici 25.



Slika 25. Nogostup u Ulici bana Josipa Jelačića

*Izvor: autor*

### **5.3. PROMETNI I SLOBODNI PROFIL**

Da se omogući sigurno kretanje vozila na cesti, potrebno je na određenoj širini uz kolnik osigurati slobodan prostor u kojemu se ne smiju nalaziti nikakve pojedinačne ili kontinuirane zapreke.

Prometni profil u horizontalnom pogledu obuhvaća sve vrste voznih trakova i rubne trakove, a visina iznad kolnika iznosi 4,20 [m].

Slobodni profil sačinjen je od prometnog profila s dodatkom zaštitnih širina i visina. U slobodni profil ne smiju izvana zadirati građevine, stupovi, raslinje i sl. Visina slobodnog profila iznosi 4,50 [m], a mjeri se od najviše točke kolnika. [5]

Najmanji razmak između zaštitne ograde i prometnog profila iznosi 0,50 [m]. Ako postoji zaštitna ograda visina slobodnog profila može biti na krajevima smanjena za odgovarajuću visinu. Minimalni razmak između prometnog znaka i prometnog profila iznosi:

- 0,50 [m], ako postoji zaštitna ograda ili ako prometni profil obuhvaća zaustavne trakove;
- 0,75 [m], ako ne postoji zaštitna ograda i ako nema zaustavnih trakova. [5]



Slika 26. Prometni i slobodni profil ceste izvan naselja

Izvor: [22]

Na promatranoj dionici magistralne ceste M 17.4, uočeno je nekoliko slučajeva nepravilnog postavljanja prometnih znakova unutar slobodnog profila ceste. Osim toga, postoje i prometni znakovi koji su loše uočljivi zbog raslinja i drveća koje zadire u slobodni profil te na taj način smanjena je vidljivost i prepoznatljivost istih. Takav problem pridonosi povećanju mogućnosti nastanka pogreške pri upravljanju vozilom ili nastanka prometne nesreće. Osim raslinja i drveća, u slobodnom profilu, na pojedinim lokacijama nalaze se i reklamni panoi koji nisu sastavni dio prometne opreme i signalizacije. Visina prometnog profila zadovoljavajuća je duž cijele dionice magistralne ceste na području grada.

Loši primjeri narušavanja slobodnog profila na analiziranoj dionici prikazani su na sljedećim slikama.



**Slika 27. Loši primjeri prometnog profila na analiziranoj dionici**

*Izvor: autor*



**Slika 28. Krošnja drveća u profilu pješačke staze**

*Izvor: autor*



#### 5.4. TLOCRTNI I VERTIKALNI ELEMENTI DIONICE

Kao što je ranije navedeno, cesta u tlocrtu se sastoji od pravaca, kružnih lukova i prijelaznih zavoja. Na nekim manjim dijelovima analizirane dionice s obzirom na konfiguraciju terena pravci su izostavljeni, tako da se cesta sastoji samo od prijelaznih zavoja i kružnih lukova. Na području naselja Crveni Grm javljaju se uzastopni oštri zavoji čiji radijusi ne odgovaraju predviđenoj brzini kretanja vozila na toj dionici te nisu usklađeni s duljinama pravaca. Zbog toga na tom dijelu dionice česte su prometne nesreće u vidu samoslijetanja vozila s kolnika. Proširenja kolnika u zavojima nisu dostatna za neometano provoženje teških teretnih vozila. Primjer zavoja u naselju Crveni Grm dan je na sljedećim slikama, a prijedlog njihovog rješenja u poglavlju 6.



Slika 29. Uzastopni zavoji na području naselja Crveni Grm

Izvor: [16]



Slika 30. Zavoji na području naselja Crveni Grm

Izvor: [16]

Također, vrlo oštar zavoj nalazi se na području Humca, na samom ulazu/izlazu s Baginog mosta. Njegov radijus ne zadovoljava potrebe teretnih vozila pri normalnom kretanju. Prilikom prolaska kroz zavoj potrebno je zauzimanje prometnog traka namijenjenog kretanju vozila iz suprotnog smjera. Iz smjera Ljubuškog pri ulasku na most cesta je u padu što pogoduje razvijanju većih brzina vožnje, naročito kod vozača koji dovoljno ne poznaju teren. U zimskom razdoblju nisu rijetka zanošenja i izlijetanja vozila iz zavoja jer uslijed niskih temperatura dolazi do nastanka poledice od kapljica rose koja isparava iz rijeke Trebižat. Proširenje zavoja izvršeno je s vanjske strane, što nije u skladu s normama za proširenje zavoja. Položaj zavoja prikazan je na slici 31.



Slika 31. Zavoj na ulazu/izlazu s Baginog mosta u naselju Humac

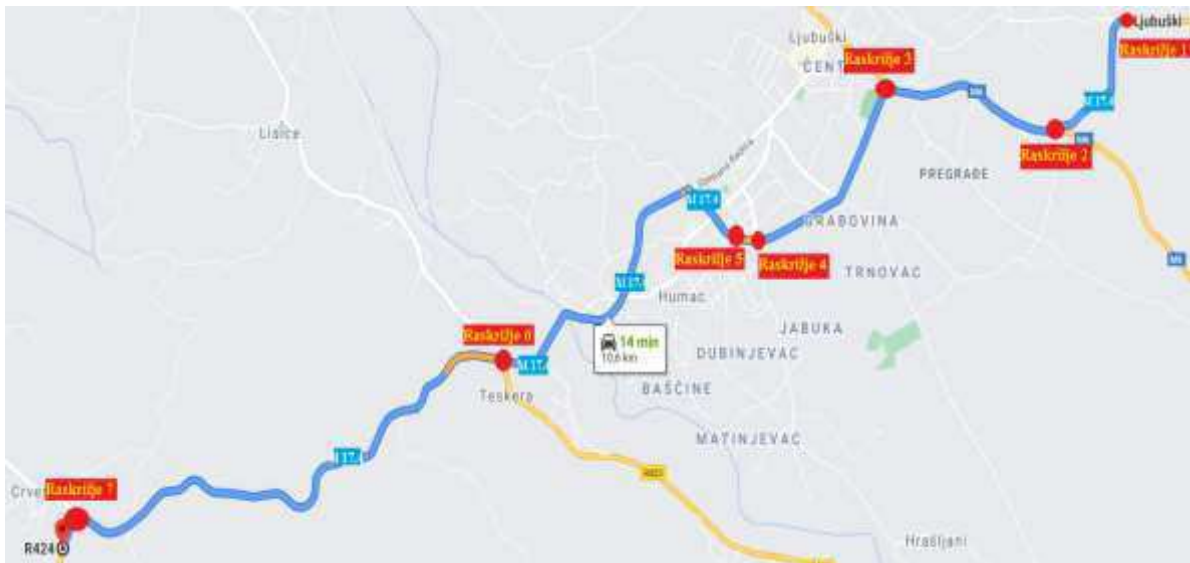
Izvor: [16]

Prijedlog poboljšanja tehničko - oblikovnih elemenata ovog zavoja dan je u sljedećem poglavlju.

## 5.5. ANALIZA CESTOVNIH RASKRIŽJA NA DIONICI

Cestovna raskrižja (čvorišta) predstavljaju mjesta na cestovnoj mreži na kojima su dvije ili više cesta međusobno povezane. Na njima se križa, isprepliće, spaja ili razdvaja više prometnih tokova. Pri izboru mjesta i načina rješavanja raskrižja potrebno je svaki slučaj dobro proučiti, jer nepravilno konstruirano raskrižje predstavlja opasnost za sigurnost prometa. Sigurnost vožnje, propusna moć (kapacitet), ekonomičnost, estetski izgled te uklapanje u cjelokupnu cestovnu mrežu, osnovni su kriteriji koji se uzimaju u obzir prilikom izgradnje novog raskrižja. [5]

Na analiziranoj dionici magistralne ceste na području grada Ljubuškog nalazi se značajan broj cestovnih raskrižja s različitim intenzitetima prometnih tokova pa tako različito i utječu na propusnu moć i sigurnost promatrane dionice. Diplomskim radom obuhvaćena je analiza sedam raskrižja na kojima su utvrđeni nedostaci u pogledu sigurnosti, protočnosti, preglednosti, oblikovnim elementima i sl. Položaj analiziranih raskrižja na dionici prikazan je na slici 32.



Slika 32. Položaj analiziranih raskrižja na dionici magistralne ceste M 17.4

Izvor: autor

### Raskrižje 1

Prvo analizirano raskrižje nalazi se na samom početku analizirane dionice u naselju Mostarska Vrata. Ono predstavlja križanje predmetne ceste (M 17.4 – Put za Međugorje) s ulicom bez naziva koja vodi u centar naselja Mostarska Vrata. Radi se o trokrakom nesemaforiziranom raskrižju gdje je glavni putni pravac Put za Međugorje. Problem ovog raskrižja je u tome što se nalazi na oštrm zavoju čime je smanjena njegova sigurnost. Sporedni privoz izveden je tako da se prije raskrižja razdvaja u dva privoza, zapadni i jugozapadni. Zapadni privoz služi za uključivanje/isključivanje vozila u smjeru Čitluka, dok jugozapadni služi za uključivanje/isključivanje vozila u smjeru Ljubuškog. Oba sporedna privoza sastoje se od dva prometna traka za kretanje vozila u suprotnim smjerovima, a širina svakog traka je 3,00 [m]. Horizontalna signalizacija na sporednim privozima je dotrajala, gotovo i nevidljiva, što dodatno ometa vozače prilikom odabira prometne trake pri uključivanju/isključivanju na raskrižju. Glavni privoz, Put za Međugorje, kao i ostatak analizirane dionice, sastoji se



od dva prometna traka za kretanje vozila u suprotnom smjeru. S obzirom na to da je glavni privoz u zavoju, širina prometnih trakova je veća od uobičajene zbog proširenja kolnika te iznosi 4,20 [m] za svaki trak. U samom raskrižju nalazi se uzdignuti otok koji sporedni privoz razdvaja na dva dijela. Otok je obrastao raslinjem što znatno smanjuje preglednost prilikom uključivanja vozila sa sporednog na glavni privoz. Također, prilikom isključivanja vozila koja dolaze iz smjera Ljubuškog s glavnog privoza na sporedni jugozapadni privoz, postoji opasnost od naleta vozila koja dolaze iz smjera Čitluka na vozilo koje se isključuje. Razlog tomu je smanjena preglednost zbog zavoja i dugi pravac koji se nalazi prije samog zavoja te pogoduje razvijanju većih brzina vozila. Budući da na glavnom privozu nema trake za lijeva skretanja, česta su ometanja prometnih tokova prilikom isključivanja vozila s glavnog privoza iz smjera Ljubuškog. Na sljedećim slikama vidljivo je postojeće stanje ovog raskrižja.



Slika 33. Pogled na privoze raskrižja 1

Izvor: autor



## Raskrižje 2

Drugo analizirano raskrižje nalazi se oko 1,10 [km] južno od prvog raskrižja. Također, radi se o trokrakom raskrižju gdje dolazi do spajanja dionice magistralne ceste M 6 (Čapljina – Ljubuški – Grude – Imotski) kao glavnog putnog pravca sa dionicom magistralne ceste M 17.4 (Put za Međugorje) kao sporednog pravca. U neposrednoj blizini ovog raskrižja nalaze se dvije benzinske postaje s obje strane kolnika i tržni centar kojima je omogućen pristup s glavnog privoza. Glavni privoz (M 6) sastoji se od dva prometna traka za kretanje vozila u suprotnom smjeru, traka za lijevo skretanje iz pravca Ljubuškog za sporedni privoz (Put za Međugorje), traka za lijevo skretanje iz pravca Čapljine za pristup benzinskoj postaji te traka za desno skretanje iz pravca Čapljine za uključenje na sporedni privoz (Put za Međugorje). Na sporednom privozu nalaze se dva prometna traka za kretanje vozila u suprotnom smjeru. Prometni trak koji dolazi iz smjera Čitluka (Put za Međugorje) na samom raskrižju razdvaja se u dva prometna traka od kojih jedan vodi desno (Ljubuški), a drugi ravno (benzinska postaja) i lijevo (Čapljina). Širina svih prometnih trakova na glavnom i sporednom privozu iznosi 3,00 [m], osim širine ulaza i izlaza sa sporednih privoza gdje su širine nešto veće zbog zauzimanja veće površine kolnika prilikom skretanja teških teretnih vozila. Na ovom raskrižju često dolazi do nedoumica oko prvenstva prolaza zbog manjkavosti vertikalne i horizontalne signalizacije. Horizontalna signalizacija je u vrlo lošem stanju iako je obnavljana 2019. godine kada se umetao dodatni trak za lijeva skretanja na glavnom privozu, kao pristup tržnom centru iz smjera istoka. Sporedni privoz, u smjeru Čitluka i Mostara, vodi i do poslovne zone grada (Mostarska Vrata). Iz tog razloga na samom raskrižju bilježi se povećan broj teretnih vozila koja smanjuju propusnu moć raskrižja. Poseban problem predstavljaju teretna vozila koja se s glavnog privoza priključuju na sporedni privoz koji je u usponu na duljini oko 1,20 [km] do raskrižja 1. Također, jedan od problema predstavljaju i projektno – oblikovni elementi raskrižja, konkretno mali skretni kut za teretna vozila koja se na sporedni privoz uključuju s desne prometne trake iz smjera istoka (Čapljina). Prilikom priključivanja teških teretnih vozila na sporedni privoz dolazi do zauzimanja dijela prometne trake namijenjene vozilima iz suprotnog smjera. Na slici 34 prikazano je postojeće stanje analiziranog raskrižja.



Slika 34. Pogled na privoze raskrižja 2

*Izvor: autor*

### Raskrižje 3

Treće analizirano raskrižje nalazi se na ljubuškoj zaobilaznici, 1,50 [km] jugozapadno od prethodnog raskrižja. Izvedeno je kao raskrižje s kružnim tokom prometa kojeg čine četiri privoza. Predstavlja spajanje magistralne ceste M 6, koja povezuje Ljubuški s Čapljinom na istoku te Grudama i Imotskim na zapadu, kao istočnog (Međugorska ulica) i zapadnog privoza (Ulica Tina Ujevića), magistralne ceste M 17.4 (Ulica bana Josipa Jelačića) kao južnog privoza i Zvonimirove ulice na

jugozapadu koja vodi u sami centar grada Ljubuškog. Na ovom kružnom raskrižju nisu prisutna ometanja prometnih tokova, tj. nema zagušenja u vršnom i izvanvršnom satu, što znači da zadovoljava trenutne potrebe prometnog opterećenja. Razlog normalnog funkcioniranja analiziranog raskrižja je u tome što je izvedeno u skladu s normama kojima se propisuju dimenzije elemenata kružnog raskrižja. Središnji otok ima radijus 12,00 [m] što je dovoljno za neometano kretanje teških teretnih vozila kružnim prometnim trakom. Prijelazni prsten nalazi se u višoj razini od površine kolnika te u ovom slušaju ne može se koristiti kao provozni dio, a njegova širina iznosi 0,80 [m]. Prijelazni prsten ne sprječava normalno odvijanje prometnih tokova s obzirom na to da je širina prometnog traka u kružnom raskrižju 6,00 [m]. Svaki privoz sačinjavaju dva prometna traka za kretanje vozila u suprotnim smjerovima. Širina ulaza/izlaza na tri privoza iznosi 5,50 [m] i zaobljeni su odgovarajućim radijusima koji omogućavaju neometan prolaz teretnih vozila. Širina i radijusi ulaza/izlaza jugozapadnog privoza (Zvonimirova ulica) nešto su manji zato što navedeni privoz vodi do centra grada i na njemu je zabranjeno prometovanje teretnim vozilima. Na svim privozima nalaze se uzdignuti razdjelni otoci duljine 3,50 [m], a služe za razdvajanje (kanaliziranja) suprotnih tokova prometa. Obilježeni pješački prijelaz smješten je na zapadnom privozu (Ulica Tina Ujevića) te je od ruba kružnog kolnika odmaknut 12,00 [m]. Raskrižje je dobro opremljeno vertikalnom signalizacijom dok horizontalna signalizacija zahtjeva obnovu. Osim nedostatka horizontalne signalizacije, u središnjem otoku nalaze se reklamni panoi koji u dnevnoj vožnji smanjuju preglednost u kružnog raskrižja. Između južnog i jugozapadnog privoza raskrižja nalazi se svjetleća reklama većih dimenzija i jakog isijavanja svjetlosti koja u noćnim uvjetima vožnje dovodi do zaslijepljivanja vozača koji prilaze kružnom raskrižju iz istočnog (Međugorska ulica) i zapadnog (Ulica Tina Ujevića) privoza. Na sljedećim slikama dan je prikaz postojećeg stanja kružnog raskrižja te elemenata koji smanjuju preglednost u raskrižju.



Slika 35. Pogled na prilaze raskrižja 3

*Izvor: autor*



Slika 36. Reklamni paneli unutar središnjeg otoka

*Izvor: autor*



**Slika 37. Svjetleća reklama koja smanjuje vidljivost u noćnim uvjetima vožnje**

*Izvor: autor*

#### **Raskrižje 4**

Oko 1,50 [km] južno od prethodno analiziranog raskrižja, nalazi se četvrto raskrižje. Radi se o četverokrakom nesemaforiziranom raskrižju gdje dolazi do križanja Ulice bana Josipa Jelačića (M 17.4) kao glavnog prometnog pravca (sjever – jug) sa sporednim cestama, Bučinskom cestom na istoku te ulicom koja nema naziva na zapadu. Na svim privozima nalaze se dvije prometne trake za kretanje vozila u suprotnim smjerovima, a širina istih jednaka je na svim privozima i iznosi 3,00 [m]. Upravljanje prometnim tokovima na ovom raskrižju obavlja se pomoću vertikalne signalizacije (prometni znakovi) dok horizontalna signalizacija koja je izvedena bojom u vrlo lošem stanju. U noćnim uvjetima vožnje i uvjetima smanjene vidljivosti horizontalna signalizacija slabo je uočljiva. Na sporednim privozima nema obilježenih zaustavnih linija ili neki drugih horizontalnih oznaka. Glavni privoz nalazi se u pravcu što pogoduje razvijanju većih brzina kod vozila koja se njim kreću te je time otežano uključivanje vozila sa sporednog na glavni privoz. Prom predstavlja i horizontalna preglednost raskrižja koja je ograničena, posebno na sporednim privozima. Pri uključivanju vozila koja dolaze iz centra grada (zapadni privoz – ulica bez naziva), zbog male preglednosti i velikih brzina na glavnom pravcu često dolazi do sukoba tokova vozila, a nisu ni rijetki slučajevi prometnih nezgoda. Geometrijski elementi raskrižja nisu zadovoljavajući za vozila većih gabarita, koja prilikom skretanja sa sporednog na glavni privoz i obratno zauzimaju prometne površine namijenjene vozilima koja se kreću iz suprotnog smjera. Ovaj problem nije zastupljen na zapadnom privozu koji vodi do centra grada iz razloga što nije predviđen za kretanje teških



teretnih vozila. Nekada se na ovom raskrižju promet regulirao pomoću semafora koji su nakon jedne prometne nezgode srušeni i nikada nisu vraćeni u funkciju. Nadležni za ovu dionicu, uporno zanemaruju problem ovog raskrižja. Postojeće stanje raskrižja prikazano je na slici 38.



Slika 38. Pogled na privoze raskrižja 4

*Izvor: autor*

### **Raskrižje 5**

Peto analizirano raskrižje na dionici magistralne ceste M 17.4 nalazi se u neposrednoj blizini prethodno analiziranog raskrižja. To je četverokrako nesemaforizirano raskrižje gdje se upravljanje prometnim tokovima odvija pomoću vertikalne i horizontalne signalizacije. Glavi putni pravac čini Ulica bana Josipa Jelačića, a sporedni privoz na jugu

predstavlja Ulica fra Ljudevita Rupčića te Ulica S.S. Kranjčevića na sjeveru. Širina prometnih trakova na glavnom privozu iznosi 3,00 [m], dok su sporedni privozi nešto manjih dimenzija. Samo na južnom privozu postoji posebna traka za lijeve skretače. Zamijećena je manjkavost vertikalne i horizontalne signalizacije. Na sporednim privozima nalazi se znak „STOP“, a horizontalna signalizacija koja je izvedena bojom u jako je lošem stanju. Na području raskrižja uređene su pješačke staze dok nema označenih pješačkih prijelaza. Na glavnom privozu ne postoje trakovi za lijeva i desna skretanja, a to je ujedno i najveći problem ovog raskrižja. Vozila koja s glavnog privoza skreću na sporedni privoz bespotrebno zaustavljaju vozila koja ne mijenjaju smjer kretanja. Iz ovog razloga značajno je smanjena propusna moć raskrižja naročito za vrijeme trajanja Crkvenih obreda, s obzirom na to da južni privoz vodi prema centralnoj crkvi u gradu. U tom periodu na raskrižju se bilježi porast lijevih i desnih skretanja s glavnog privoza te broj priključivanja sa sporednog (južnog) privoza na glavni. Geometrijski elementi raskrižja ne zadovoljavaju postojeće uvjete za vozila većih gabarita, koji prilikom ulaska sa sporednog privoza na glavni privoz prelaze u suprotne prometne trake te tako dovode u opasnost sve sudionike u prometu. Ovaj problem se javlja na južnom sporednom privozu, dok sjeverni privoz nije namijenjen kretanju teških teretnih vozila. Postojeće stanje raskrižja 5 vidljivo je na sljedećim slikama.



Slika 39. Pogled na privoze raskrižja 5

Izvor: autor

### Raskrižje 6

Na području naselja Teskera, nalazi se šesto analizirano raskrižje. Riječ je o četverokrakom semaforiziranom raskrižju. Glavni privoz predstavlja magistralna cesta M 17.4 na sjeveru i jugu, a sporedni privozi su dvije ulice bez naziva, jedna na istoku, druga na zapadu. Svi privozi sastoje se od dva prometna traka za kretanje vozila u suprotnim smjerovima, a njihova širina je 3,00 [m]. Na svim privozima nalaze se obilježeni pješački prijelazi, a pješačka staza uređena je samo jednim dijelom. Prometni znakovi (vertikalna signalizacija) postavljeni su prema pravilima dok je horizontalna signalizacija istrošena, mjestimično i nepostojeća. Na ovom raskrižju ne postoje posebni prometni trakovi za lijeva ili desna skretanja pa se promet na njemu odvija dosta usporeno zbog prisustva većeg broja teretnih vozila. Razlog pojave većeg broja teretnih vozila je taj što istočni privoz vodi do cestovnog graničnog prijelaza za međunarodni promet putnika i roba (GP Bijača), te se u sklopu njega nalazi carinski terminal. Geometrijski elementi raskrižja



zadovoljavaju trenutne potrebe prometnih tokova te je osigurana preglednost raskrižja. Ključan problem raskrižja predstavlja signalni plan svjetlosnih signala koji nije usklađen s prometnim opterećenjem pojedinih privoza. Veći intenziteti prometnih tokova javljaju se na sjevernom (glavnom) i istočnom (sporednom) privozu te ujedno su povećana bespotrebna čekanja zbog trajanja crvenog signalnog svjetla dok se na ostalim privozima ne nalaze vozila. Postojeće stanje raskrižja u naselju Teskera, prikazano je na slici 40.



**Slika 40. Pogled na privoze raskrižja 6**

*Izvor: autor*

### **Raskrižje 7**

Pred sam kraj analizirane dionice magistralne ceste M 17.4 na području grada Ljubuškog, u naseljenom mjestu Crveni Grm, nalazi se posljednje analizirano raskrižje u sklopu istraživanja ovog diplomskog rada. To je trokrako nesemaforizirano raskrižje gdje glavni putni pravac čini predmetna dionica magistralne ceste (sjever – istok), a sporedni privoz na jugu predstavlja cestu koja vodi u naseljeno mjesto Prolog. Upravljanje

prometnim tokovima odvija se uz pomoć prometnih znakova (vertikalna signalizacija). Sporedni istočni privoz vodi do međunarodnog graničnog prijelaza s Republikom Hrvatskom (GP Crveni Grm). Specifičnost ovog raskrižja je u tome što glavni privoz iz pravca naglo mijenja smjer, odnosno na području raskrižja izvodi se skretanje. Ovakva situacija često dovodi do zabune vozača prilikom kretanja na glavnom privozu, bez obzira na vertikalnu signalizaciju koja upućuje na prvenstvo prolaska kroz raskrižje. Svi privozi sastoje se od dva prometna traka za kretanje vozila u suprotnim smjerovima, a njihova širina je 3,00 [m]. Sporedni privoz iz smjera Prologa na raskrižje se priključuje u pravcu koji omogućava razvijanje većih brzina vozila te tako zbog nedostatka horizontalne signalizacije nastavljaju kretanje ravno, bez zaustavljanja. Takvim načinom prolaska kroz raskrižje smanjuje se sigurnost svih sudionika u prometu. Na sporednom privozu narušena je horizontalna preglednost u smjeru istočnog glavnog privoza. Horizontalna signalizacija izvedena je bojom, iako je primjetna u dnevnim uvjetima vožnje, njihova je retrorefleksija manja od potrebne da bi u noćnom uvjetima i okolnostima smanjene vidljivosti pružala pomoć pri vođenju vozača. Prikaz postojećeg stanja raskrižja vidljiv je na slikama ispod.



Slika 41. Pogled na privoze raskrižja 7

Izvor: autor

## **5.6. ANALIZA REZULTATA BROJANJA PROMETA I BUDUĆE PROMETNE POTRAŽNJE NA KARAKTERISTIČNIM LOKACIJAMA**

### **5.6.1. Brojanje prometa**

Brojanje prometa osnovica je za njegovo planiranje. Njime se dobiva uvid u trenutno stanje prometa te podaci koji upućuju na potrebne rekonstrukcije, izgradnju novih prometnih pravaca ili na ostale mjere poboljšanja postojećeg i budućeg prometa.[3]

U praksi se razlikuju dvije vrste brojanja prometa:

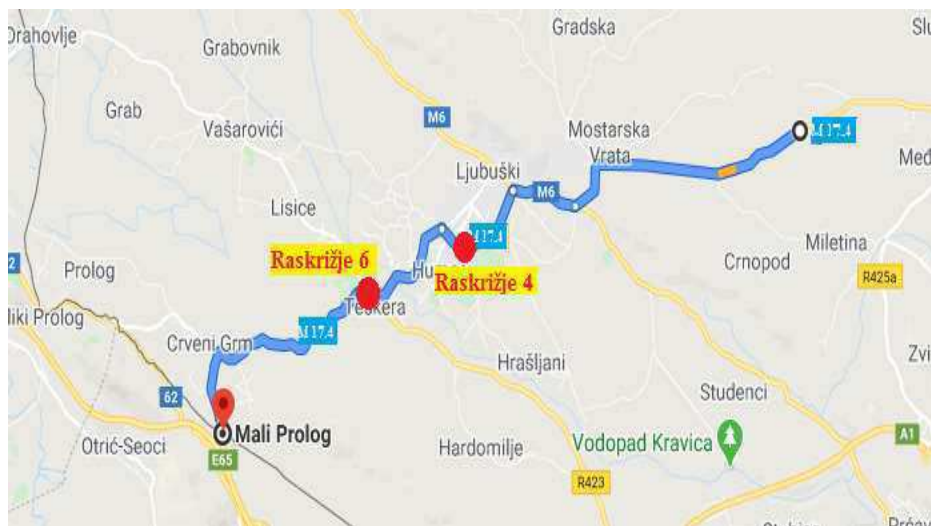
1. Statičko brojanje, tj. brojanje na nekom presjeku;
2. Dinamičko brojanje; tj. brojanje prometnog toka. [3]

Pri statičkom brojanju broje se vozila koja u određenom vremenskom intervalu prođu kroz određeni presjek ceste. Statičko brojanje daje podatke o opterećenju ceste, a koristi se za dimenzioniranje prometnica i raskrižja. Izvodi se ručno, s pomoću pogodnih obrazaca ili s pomoću automatskih uređaja za brojanje. Prednost statičkog brojanja je u tome što ne ometa promet.

Dinamičko brojanje predstavlja brojanje prometnih tokova. Njime se utvrđuju jačina, smjer i put prometnog strujanja. Glavna mu je zadaća utvrđivanje izvora i cilja pojedinih prometnih tokova. Ono zadržava promet te se mora pažljivo odabrati mjesto brojanja. [3]

Za potrebe izrade diplomskog rada odabrana je metoda ručnog brojanja prometa koje je obavljeno radnim danom radi ustaljenog prometa kako bi se dobio što reprezentativniji uzorak. Prilikom brojanja, vozila su svrstana u pet kategorija i to: osobna vozila (OA), teretna vozila (TV), autobusi (BUS), motocikli (MOT) i bicikli (BIC). Brojanje pješaka je izostavljeno jer njihov broj nezamjetno utječe na odvijanje prometnih tokova.

Brojanje prometa obavljeno je u jutarnjem vršnom satu od 07:00 do 08:00 sati, dana 08.06.2020. (ponedjeljak). Brojanje se provelo na dvije lokacije, odnosno na dva prethodno analizirana raskrižja (raskrižje 4 i raskrižje 6) na dionici magistralne ceste M 17.4 na području grada Ljubuškog (slika 42).



**Slika 42. Lokacije brojanja prometa**

*Izvor: autor*

S obzirom na to da u prometu sudjeluju vozila koja zauzimaju različite prometne površine, zbog lakšeg proračuna i dobivanja jedinstvenih podataka korišteni su koeficijenti kojima se množila svaka vrsta vozila (tzv. EJA jedinice). Kao jedinica uzeto je osobno vozilo sa koeficijentom 1. U sljedećoj tablici prikazani su koeficijenti za pojedine kategorije vozila.

**Tablica 9. Kategorije vozila svedene na ekvivalentnu jedinicu automobila**

<b>VRSTA VOZILA</b>	<b>EKVIVALENT JEDINICE AUTOMOBILA (EJA)</b>
<b>Osobno vozilo</b>	1,00
<b>Teretno vozilo</b>	2,00
<b>Autobus</b>	2,00
<b>Motocikl</b>	0,50
<b>Bicikl</b>	0,30

*Izvor: [3]*

### **Raskrižje 4**

Brojanje prometa na raskrižju 4 provedeno je na sva četiri privoza. Kako je ranije navedeno, raskrižje 4 predstavlja križanje Ulice bana Josipa Jelačića (M 17.4) kao glavnog prometnog pravca (sjever – jug) sa sporednim cestama, Bučinskom cestom na istoku te ulicom koja nema naziva na zapadu. Rezultati brojanja prikazani su u tablicama 10., 11., 12. i 13.

**Tablica 10. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 4 (sjeverni privoz)**

Vrijeme	Smjer	Osobno vozilo	Teretno vozilo	Autobus	Motocikl	Bicikl
07:00 – 08:00	S – J	197	8	2	1	0
	S – I	31	4	0	3	0
	S – Z	57	0	0	2	0
	Ukupno vozila	285	12	2	6	0
	EJA	285	24	4	3	0
	<b>UKUPNO</b>	<b>316</b>				

Izvor: autor

**Tablica 11. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 4 (južni privoz)**

Vrijeme	Smjer	Osobno vozilo	Teretno vozilo	Autobus	Motocikl	Bicikl
07:00 – 08:00	J – S	238	13	4	3	4
	J – I	39	6	1	1	1
	J – Z	29	0	0	1	2
	Ukupno vozila	306	19	5	4	7
	EJA	306	38	10	2	2,1
	<b>UKUPNO</b>	<b>358,1</b>				

Izvor: autor

**Tablica 12. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 4 (zapadni privoz)**

Vrijeme	Smjer	Osobno vozilo	Teretno vozilo	Autobus	Motocikl	Bicikl
07:00 – 08:00	Z – S	14	0	0	3	2
	Z – J	20	0	0	1	0
	Z – I	10	0	0	2	3
	Ukupno vozila	44	0	0	6	5
	EJA	44	0	0	3	1,5
	<b>UKUPNO</b>	<b>48,5</b>				

Izvor: autor

**Tablica 13. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 4 (istočni privoz)**

Vrijeme	Smjer	Osobno vozilo	Teretno vozilo	Autobus	Motocikl	Bicikl
07:00 – 08:00	I – S	68	8	0	2	3
	I – J	24	5	0	0	7
	I – Z	31	0	0	2	1
	Ukupno vozila	123	13	0	4	11
	EJA	123	26	0	2	3,3
	<b>UKUPNO</b>	<b>154,3</b>				

Izvor: autor

Iz prethodnih tablica, o rezultatima brojanja prometa, vidljivo je prometno opterećenje pojedinih privoza na raskrižju 4. Najveći broj vozila kreće se na privozima sjever i jug, a to su ujedno i privozi s prvenstvom prolaska (glavni privozi) dok je na sporednim privozima obavezno zaustavljanje. Na oba glavna privoza zabilježeno je 646 vozila, a na oba sporedna privoza 206 vozila.

Vršno satno opterećenje dobije se na način da se zbroje sva vozila koja su ušla ili izišla na svim privozima raskrižja. Vršno opterećenje ovoga raskrižja iznosi 852 voz/h. Prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) dobije se tako da se vršno satno opterećenje pomnoži koeficijentom u rasponu od 9 do 14. U ovom slučaju, zbog veličine grata, uzet je koeficijent 10 pa tako PGDP iznosi 8 520 voz/dan.

### Raskrižje 6

Brojanje prometa na raskrižju 6 u naselju Teskera, također je izvršeno na sva četiri privoza raskrižja. Kako je ranije navedeno, riječ je o četverokrakom semaforiziranom raskrižju. Glavni privoz predstavlja magistralna cesta M 17.4 na sjeveru i jugu, a sporedni privozi su dvije ulice bez naziva, jedna na istoku, druga na zapadu. Rezultati brojanja prometa na ovom raskrižju dani su u tablicama 14., 15., 16. i 17.

**Tablica 14. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 6 (sjeverni privoz)**

Vrijeme	Smjer	Osobno vozilo	Teretno vozilo	Autobus	Motocikl	Bicikl
07:00 – 08:00	S – J	71	4	1	3	9
	S – I	96	13	1	1	1
	S – Z	43	3	1	0	0
	Ukupno vozila	210	20	3	4	10
	EJA	210	40	6	2	3
	<b>UKUPNO</b>	<b>263</b>				

*Izvor: autor*

**Tablica 15. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 6 (južni privoz)**

Vrijeme	Smjer	Osobno vozilo	Teretno vozilo	Autobus	Motocikl	Bicikl
07:00 – 08:00	J – S	136	5	1	2	9
	J – I	27	4	0	1	0
	J – Z	11	0	0	0	0
	Ukupno vozila	174	9	1	3	0
	EJA	174	18	2	1,5	2,7
	<b>UKUPNO</b>	<b>198,2</b>				

*Izvor: autor*



**Tablica 16. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 6 (zapadni privoz)**

Vrijeme	Smjer	Osobno vozilo	Teretno vozilo	Autobus	Motocikl	Bicikl
07:00 – 08:00	Z – S	69	2	1	0	0
	Z – J	13	4	0	0	4
	Z – I	7	1	0	0	0
	Ukupno vozila	89	7	1	0	0
	EJA	89	14	2	0	1,2
	<b>UKUPNO</b>	<b>106,2</b>				

Izvor: autor

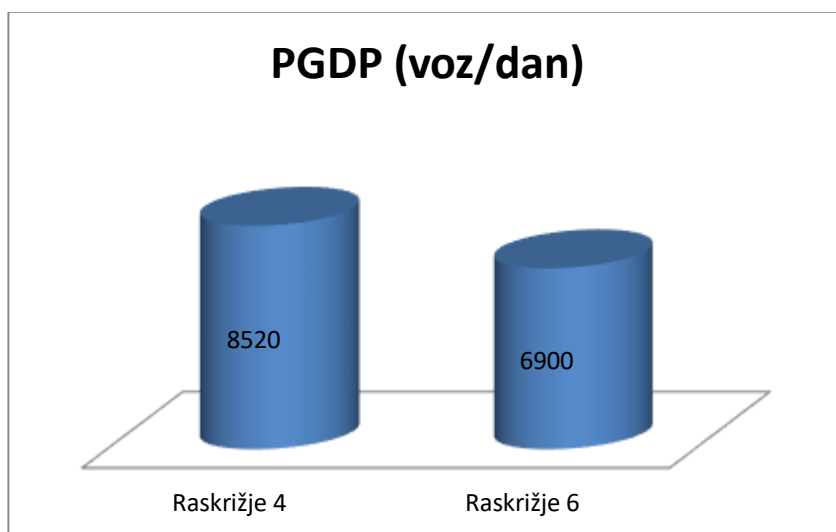
**Tablica 17. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 6 (istočni privoz)**

Vrijeme	Smjer	Osobno vozilo	Teretno vozilo	Autobus	Motocikl	Bicikl
07:00 – 08:00	I – S	87	12	1	2	0
	I – J	36	3	0	1	7
	I – Z	11	1	0	0	0
	Ukupno vozila	134	14	1	3	7
	EJA	134	32	2	1,5	2,1
	<b>UKUPNO</b>	<b>171,6</b>				

Izvor: autor

Na raskrižju prednost prolaska imaju vozila sa sjevernog i južnog privoza. Najviše vozila kreće se sjevernim (glavnim) privozom. Na oba glavna privoza u vršnom satu zabilježena su 434 vozila dok je na oba sporedna privoza 256 vozila. Iz podataka o brojanju prometa, dobije se vršno opterećenje koje iznosi 690 vozila/h. Na osnovu vršnog opterećenja dobije se da je PGDP na ovom raskrižju 6 900 voz/dan.

Prikaz prosječnog godišnjeg dnevnog prometa (PGDP) za obje lokacije vidljiv je iz grafikona 2.



**Grafikon 2. Prikaz PGDP-a za oba raskrižja**

Izvor: autor

### 5.6.2. Buduća prometna potražnja

Prometna prognoza vrlo je važna pri planiranju novih idejnih rješenja na nekom području. Prometna prognoza je završni korak analize prometnih tokova na nekom području prije odabira prometnih rješenja koja će se implementirati u postojeću mrežu. Prognoza prometa je predviđanje budućih prometnih zahtjeva, odnosno budućeg intenziteta strukture i raspodjele prometnih tokova.

Osnovni ulazni parametri za izradu prometne prognoze, odnosno podaci na kojima se temelji prometna prognoza su:

- Postojeći intenzitet prometnih tokova;
- Demografska analiza;
- Stupanj motorizacije (br. vozila/stanovniku);
- Ekonomska analiza (BDP);
- Razvoj aktivnosti na određenom području. [23]

U praksi postoje razni matematički, statistički i ekspertni modeli za izradu prognoze prometa temeljem navedenih ulaznih podataka.

Prometna prognoza na analiziranoj dionici magistralne ceste M 17.4 na području grada Ljubuškog, izvršena je na dva raskrižja na kojima je provedeno brojanje prometa, koja će se prilagoditi budućim zahvatima na cestovnoj prometnoj mreži.

Pomoću metode složenog kamatnog računa, prognoziran je promet na oba raskrižja za razdoblje od 5, 10 i 20 godina. Za prvih pet godina pretpostavlja se porast prometa od 1%, za narednih pet 1,5% i za preostalih deset godina uzet je porast od 2%.

Formula pomoću koje su izračunati svi porasti PGDP-a prikazana je u nastavku:

$$C = C_0 * \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$$

gdje je:

C – krajnja vrijednost PGDP – a nakon n razdoblja porasta

C<sub>0</sub> – početna vrijednost PGDP – a

p – godišnji porast prometa [%]

n – broj godina za koliko se predviđa porast prometa.



#### Raskrižje 4

PGDP raskrižja dobije se na način kako je navedeno i ranije, zbrojem svih prometnih tokova koja ulaze ili izlaze iz raskrižja. U ovom slučaju zbrojit će se opterećenja svih prometnih tokova koja izlaze iz raskrižja.

Opterećenje prometnih tokova koji izlaze na sjevernom (glavnom) privozu iznosi 305 voz/h. Opterećenje prometnih tokova koji izlaze na južnom (glavnom) privozu iznosi 341 voz/h. Opterećenje svih prometnih tokova koji izlaze na zapadnom (sporednom) privozu iznosi 55 voz/h te opterećenje istočnog (sporednog) privoza iznosi 151 voz/h. Koeficijent korišten za preračun broja vozila iz vršnog opterećenja u PGDP iznosi 10.

Iz toga proizilazi:

$$305 + 341 + 55 + 151 = 852 \text{ voz/h}$$
$$\text{PGDP} = 852 \text{ voz/h} * 10 = 8\,520 \text{ voz/dan}$$

*Proračun prognoze prometa za 5 godina (porast 1%):*

$$C = 8\,520 * \left(1 + \frac{1}{100}\right)^5 \approx 8\,955 \text{ voz/dan}$$

Prosječan godišnji dnevni promet, nakon 5 godina, na ovom raskrižju iznositi će 8 955 voz/dan.

*Proračun prognoze prometa za 10 godina (porast 1,5%):*

$$C = 8\,955 * \left(1 + \frac{1,5}{100}\right)^5 \approx 9\,690 \text{ voz/dan}$$

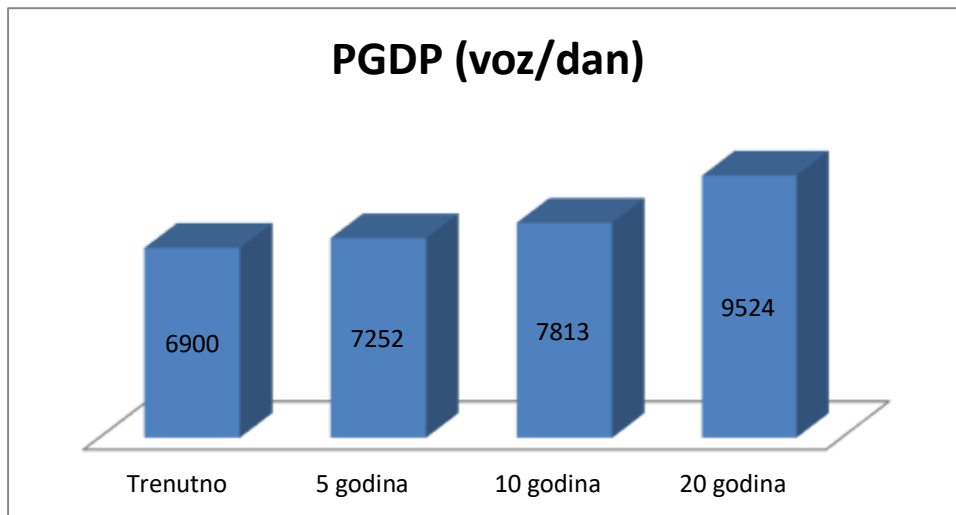
Prosječan godišnji dnevni promet, nakon 10 godina, na ovom raskrižju iznositi će 9 690 voz/dan.

*Proračun prognoze prometa za 20 godina (porast 2%):*

$$C = 9\,690 * \left(1 + \frac{2}{100}\right)^{10} \approx 11\,812 \text{ voz/dan}$$

Prosječan godišnji dnevni promet, nakon 20 godina, na ovom raskrižju iznositi će 11 812 voz/dan.

Na sljedećem grafikonu prikazan je prosječni godišnji dnevni promet za razdoblje od 5, 10 i 20 godina u usporedbi s trenutnim.



**Grafikon 3. PGDP raskrižja 4 za razdoblje od 5, 10 i 20 godina**

*Izvor: autor*

### **Raskrižje 6**

Opterećenje prometnih tokova raskrižja 6 koji izlaze na sjevernom (glavnom) privozu iznosi 247 voz/h. Opterećenje prometnih tokova koji izlaze na južnom (glavnom) privozu iznosi 187 voz/h. Opterećenje svih prometnih tokova koji izlaze na zapadnom (sporednom) privozu iznosi 97 voz/h te opterećenje istočnog (sporednog) privoza iznosi 159 voz/h. Koeficijent korišten za preračun broja vozila iz vršnog opterećenja u PGDP iznosi 10.

Iz toga proizilazi:

$$247 + 187 + 97 + 159 = 690 \text{ voz/h}$$

$$\text{PGDP} = 690 \text{ voz/h} * 10 = 6\,900 \text{ voz/dan}$$

*Proračun prognoze prometa za 5 godina (porast 1%):*

$$C = 6\,900 * \left(1 + \frac{1}{100}\right)^5 \approx 7\,252 \text{ voz/dan}$$

Prosječan godišnji dnevni promet, nakon 5 godina, na ovom raskrižju iznosit će 7 252 voz/dan.

*Proračun prognoze prometa za 10 godina (porast 1,5%):*

$$C = 7\,252 * \left(1 + \frac{1,5}{100}\right)^5 \approx 7\,813 \text{ voz/dan}$$

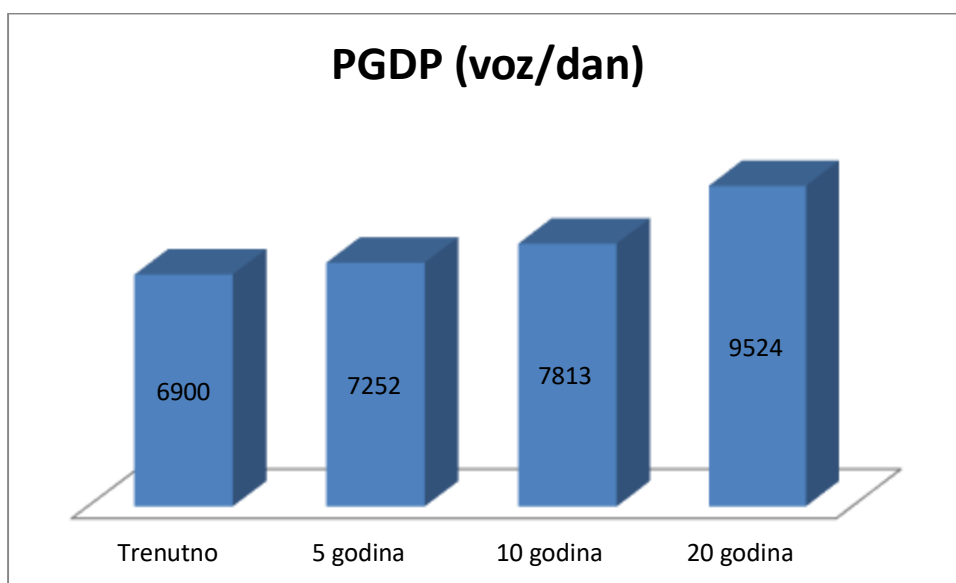
Prosječan godišnji dnevni promet, nakon 10 godina, na ovom raskrižju iznosit će 7 813 voz/dan.

Proračun prognoze prometa za 20 godina (porast 2%):

$$C = 7\,813 * \left(1 + \frac{2}{100}\right)^{10} \approx 9\,524 \text{ voz/dan}$$

Prosječan godišnji dnevni promet, nakon 20 godina, na ovom raskrižju iznosit će 9 524 voz/dan.

Na grafikonu 4. prikazan je prosječni godišnji dnevni promet na raskrižju 6, za razdoblje od 5, 10 i 20 godina u usporedbi s trenutnim.



Grafikon 4. PGDP raskrižja 6 za razdoblje od 5, 10 i 20 godina

Izvor: autor

## **6. PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA PROMETNO – TEHNIČKIH ELEMENATA CESTE NA ANALIZIRANOJ DIONICI**

Prijedlozi rješenja su prijedlozi mjera i zahvata na području obuhvata kojima je moguće unaprijediti stanje prometnog sustava. Prijedlozi mjera su prijedlozi kojima se predlažu promjene u organizaciji prometnog sustava i prometnoj politici, a prijedlozi zahvata su prijedlozi kojima se daju rješenja za izgradnju ili rekonstrukciju elemenata prometne infrastrukture.

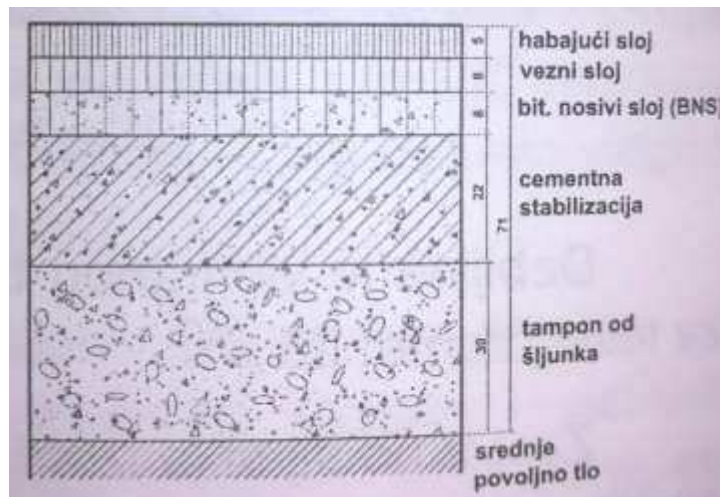
Prijedlozi rješenja izrađuju se na temelju:

- Rezultata analize postojećeg stanja (ustanovljeni problemi);
- Prognoze prometa (trend porasta ili smanjenje intenziteta prometnih tokova);
- Najnovijih znanstvenih i stručnih spoznaja na području tehnologije prometa i transporta. [23]

### **6.1. PRIJEDLOG POBOLJŠANJA NOSIVOG USTROJA CESTE**

Na većem dijelu analizirane dionice magistralne ceste M 17.4 na području grada Ljubuškog, nosivi ustroj zadovoljava trenutne potrebe prometnog opterećenja. Posljednja, veća, rekonstrukcija nosivog ustroja izvršena je 2013. godine, a nakon toga vršeni su manji popravci kolnika na mjestima gdje su se pojavile njegove deformacije. Dio dionice koji nije obuhvaćen rekonstrukcijom te godine potrebno je potpuno rekonstruirati. Zemljani trup potrebno je izgraditi tako da se što više nabije kako bi što dulje osigurao dobru stabilnost ceste, da se ne pojave slijeganja i deformacije.

Kako bi se pojačala konstrukciju kolnika koja preuzima prometno opterećenje i smanjile deformacije preporučuje se zastor od asfaltnog betona na srednje povoljnom tlu za teški promet. Predlaže se primjena tampona od 30 [cm], a zatim postaviti 20 [cm] cementne stabilizacije, 8 [cm] BNS – a (bitumenizirani nosivi sloj) te 6 [cm] veznog sloja i 5 [cm] habajućeg sloja. Na pojedinim lokacijama predlaže se i izgradnja betonskih rubnih traka koje bi spriječile horizontalne deformacije kolničkog zastora. Izmjenom kolničke konstrukcije na dijelovima dionice koja nije obnovljena povećala bi se sigurnost i udobnost pri kretanju svih sudionika u prometu.



Slika 43. Kolnički zastor od asfaltnog betona za teški promet

Izvor: [5]

## 6.2. PRIJEDLOG POBOLJŠANJA ELEMENATA POPREČNOG PRESJEKA CESTE

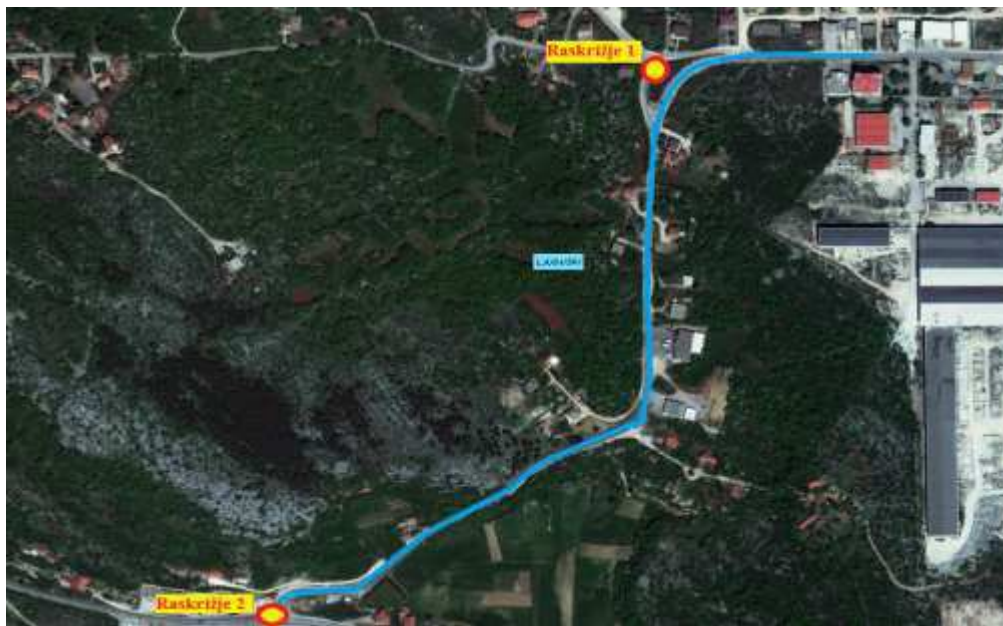
Dionica najvećim dijelom prolazi kroz naseljena mjesta grada Ljubuškog pa su ograničenja brzine unutar naselja 50 [km/h], a na mjestima izvan naselja 70 [km/h]. Osim cestovnog prometa, zastupljen je promet pješaka i biciklista. Pješačke staze većim dijelom prate analiziranu dionicu dok biciklističkih staza nema. S obzirom na to da postojeće pješačke staze na određenim dijelovima dionice imaju širinu i preko 2,00 [m], preporučuje se uvođenje biciklističke staze na dio postojeće pješačke staze. Biciklističke staze se odvajaju visinski od kolnika ili razdjelnim trakom, slobodna visina unutar slobodnog profila biciklističke staze iznosi 2,50 [m]. Širina traka za normalno kretanje pješaka je 0,75 – 0,80 [m]. Visina slobodnog profila pješačke staze iznosi 2,50 [m].

Širina prometnog traka u skladu je s projektnom brzinom i iznosi 3,00 [m] te je zadovoljavajuća na cijeloj dužini analizirane dionice. Rubni trakovi i bankine nisu izvedeni prema pravilniku pa na mnogim mjestima odstupaju od svojih propisnih dimenzija. Potrebno je, gdje ne postoje prostorna ograničenja, izvršiti njihovu rekonstrukciju.

Prometni i slobodni profil mjestimično ne zadovoljavaju uvjete u pogledu dimenzija i smještanja prometne signalizacije. Konkretni primjeri narušavanja prometnog i slobodnog profila prikazani su u petom poglavlju rada (Slika 27). Prometnu signalizaciju potrebno je postaviti u skladu s pravilnikom te osigurati njenu vidljivost (uklanjanje raslinja i drveća) kako bi vozači i ostali sudionici u prometu

pravovremeno uočili prometni znak te primili obavijest i poduzeli potrebne radnje koje on nalaže te na taj način bi se postiglo sigurno i neometano odvijanje prometa. Također, predlaže se uklanjanje svih reklamnih panoa uz dionicu ceste koji nisu postavljeni uz odobrenje nadležnih institucija.

Izgradnja dodatnog prometnog traka za spora vozila predlaže se na početku analizirane dionice (Mostarska Vrata) uz postojeće prometne trakove, od raskrižja 2 do raskrižja 1, odnosno na putnom pravcu Ljubuški - Međugorje (Slika 44).



Slika 44. Prikaz lokacije prijedloga smještaja prometnog traka za spora vozila

Izvor: autor

Opravdanost izgradnje traka za spora vozila na ovoj lokaciji je u tome što se dionica između dva raskrižja nalazi u konstantnom usponu. S obzirom na povećan broj teretnih vozila koja se kreću ovim pravcem (Ljubuški – Čitluk – Mostar) znatno je smanjena propusna moć ovoga dijela dionice magistralne ceste. Prilikom priključivanja teških teretnih vozila na sporedni privoz (Put za Međugorje) dolazi do smanjenja njegove brzine kretanja čime ometaju ostali brži promet. Zbog smanjenja brzine teretnih vozila, a nemogućnošću pretjecanja istih, ostala vozila moraju smanjiti brzinu, a samim time smanjuje se i propusna moć dionice.

Širina traka za spora vozila iznosi 3,00 [m], a poprečni nagib jednak nagibu prometnih trakova. Završetak traka za spora vozila izvršen je na nakon raskrižja 1, odnosno nakon svladavanja uspona i postizanja brzine za normalno priključivanje u



prometni trak za sva vozila. Ukupna duljina traka iznosi 1,20 [km]. Idejno rješenje traka za spora vozila na analiziranoj dionici prikazano je na sljedećim slikama.



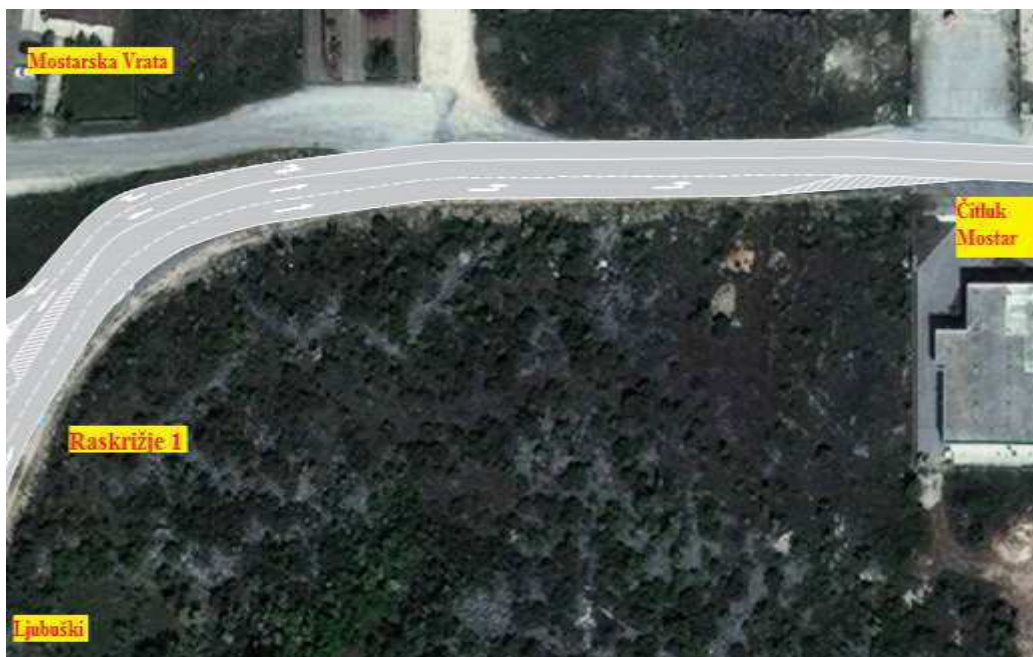
Slika 45. Idejno rješenje traka za spora vozila – početak traka (Raskrižje 2)

*Izvor: autor*



Slika 46. Idejno rješenje traka za spora vozila (Put za Medugorje)

*Izvor: autor*



Slika 47. Idejno rješenje traka za spora vozila – završetak traka

*Izvor: autor*

### 6.3. PRIJEDLOG POBOLJŠANJA TLOCRTNIH I VERTIKALNIH ELEMENATA CESTE

U analizi postojećeg stanja (poglavlje 5) tlocrtnih i vertikalnih elemenata ceste utvrđene su nepravilnosti na nekoliko lokacija analizirane dionice u pogledu uzastopnih zavoja i njihovih neodgovarajućih radijusa za neometano prometovanje svih vozila.

Dvije takve lokacije utvrđene su na dionici između naselja Teskera i Crveni Grm. Uzastopni zavoji koji se sastoje od kružnih lukova malih radijusa i prijelaznica s izostavljenim pravcima znatno smanjuju propusnu moć i sigurnost. Razina propusne moći je mala zbog malih brzina kretanja koja zahtjeva dionica te pojavom dvaju teretnih vozila unutar zavoja potrebno je da se jedno zaustavi kako bi neometano prošli. Također, ne postoji mogućnost preticanja sporijih vozila. Na ovoj dionici bilježi se znatan broj prometnih nesreća, klasificiranih kao samoslijetanje vozila, zbog nepoštivanja ograničenja brzine i slabe procjene zavoja.

Na jednoj od lokacija, predlaže se izmještanje postojeće trase ceste kako bi se izostavili oštri zavoji te dobio pravac za mogućnost preticanja i razvijanja većih brzina koje ne bi trebale narušavati sigurnost jer se radi o lokacijama izvan naselje. Na drugoj lokaciji predlaže se zadržavanje postojeće trase s proširenjem prometnih trakova.



Kako nema prostornih ograničenja, predlaže se proširenje prometnog traka na širinu od 3,25 [m] s odgovarajućim proširenjima u zavojima. Idejno rješenje poboljšanja tlocrtnih elemenata analizirane dionice prikazano je na sljedećim slikama.



Slika 48. Idejno rješenje poboljšanja tlocrtnih elemenata dionice – Crveni Grm (Lokacija 1)

*Izvor: autor*



Slika 49. Idejno rješenje poboljšanja tlocrtnih elemenata dionice – Crveni Grm (Lokacija 2)

*Izvor: autor*

Treća lokacija na kojoj su utvrđene nepravilnosti nalazi se u mjestu Humac. Riječ je o vrlo oštrm zavoju na samom ulazu/izlazu s Baginog mosta. Njegov radijus

ne zadovoljava potrebe teretnih vozila pri normalnom kretanju. Prilikom prolaska vozila većih gabarita kroz zavoj potrebno je zauzimanje prometnog traka namijenjenog kretanju vozila iz suprotnog smjera. Predlaže se proširenje zavoja s unutrašnje strane te „frezanje“ asfaltne površine kako bi se povećalo prianjanje između kotača vozila i podloge, naročito u zimskim uvjetima gdje postoji mogućnost nastanka poledice. Prijedlog idejnog rješenja ovoga zavoja dan je na sljedećoj slici.



Slika 50. Idejno rješenje poboljšanja tlocrtnih elemenata dionice – Humac

*Izvor: autor*

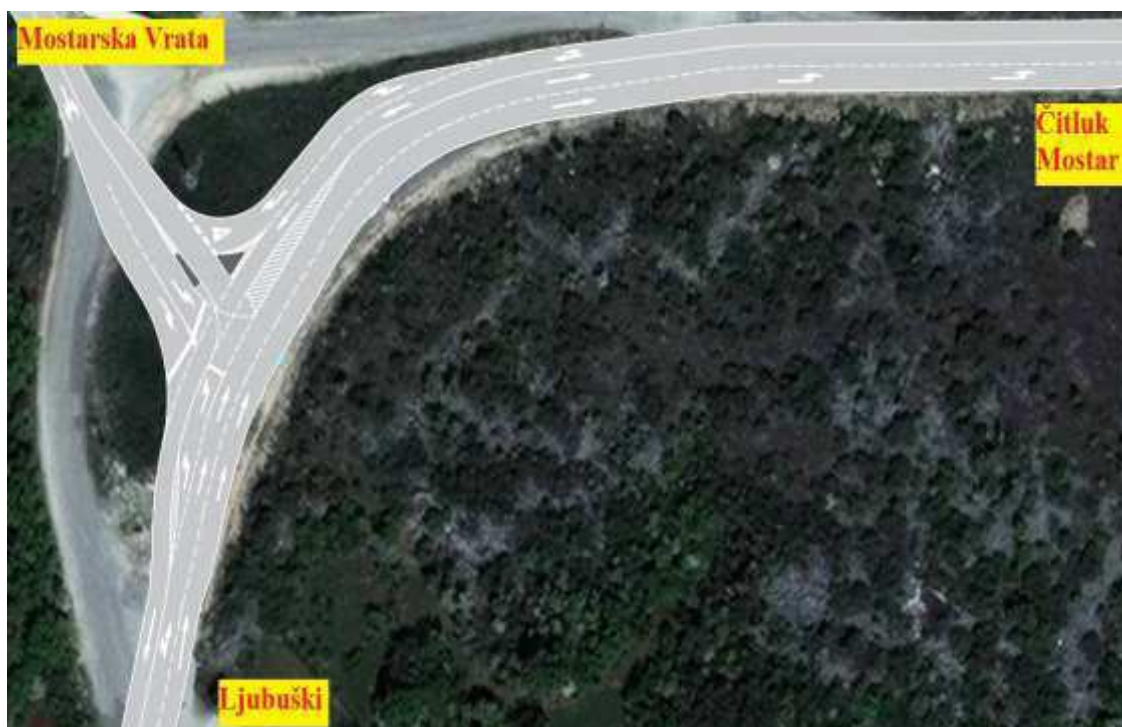
#### **6.4. PRIJEDLOZI RJEŠENJA KRITIČNIH CESTOVNIH RASKRIŽJA NA DIONICI**

U prethodnom poglavlju o analizi postojećeg stanja raskrižja, izvršena je analiza sedam raskrižja na dionici magistralne ceste M 17.4 na području grada Ljubuškog. Na osnovu analize postojećeg stanja, utvrđene su neke nepravilnosti, odnosno nedostaci pojedinih raskrižja. U ovom dijelu rada dati će se prijedlozi poboljšanja svakog od njih s većim ili manjim građevinskim zahvatima.

##### **Raskrižje 1**

Prvo analizirano raskrižje predstavlja križanje predmetne ceste (M 17.4 – Put za Međugorje) s ulicom bez naziva koja vodi u centar naselja Mostarska Vrata. Radi se o trokrakom nesemaforiziranom raskrižju gdje je glavni putni pravac Put za Međugorje. Sporedni privoz izveden je tako da se prije raskrižja razdvaja u dva privoza, zapadni i

jugozapadni. Zapadni privoz služi za uključivanje/isključivanje vozila u smjeru Čitluka, dok jugozapadni služi za uključivanje/isključivanje vozila u smjeru Ljubuškog. Predlaže se spajanje krakova sporednog privoza u jedan privoz s razdjelnim otokom za kanaliziranje prometnih tokova te njegova okomizacija na glavni privoz. Na taj način uklonio bi se i zemljani nasip između krakova sporednog privoza koji je predstavljao problem pri preglednosti raskrižja. Na glavnom privozu predlaže se izgradnja traka za lijevo skretanje iz smjera Ljubuškog i traka za desno skretanje iz smjera Čitluka. Širina tih trakova iznosi 3,00 [m] kao i trakova za ravno. Na području ovog raskrižja, na glavnom privozu, nalazi se trak za spora vozila kao prijedlog rješenja iz prethodnog poglavlja. Za razdvajanje prometnih tokova predlaže se izgradnja uzdignutih razdjelnih otoka. Prijedlog idejnog rješenja raskrižja 1 prikazano je na slici ispod.



Slika 51. Idejno rješenje raskrižja 1

*Izvor: autor*

Kako bi se utvrdila mogućnost provoženja ovog raskrižja od strane mjerodavnog vozila, izvršena je simulacija provoženja istog, čije se trajektorije nalaze na slikama 52 i 53. S obzirom na to da sporedni privoz nije namijenjen kretanju teških teretnih vozila većih gabarita, kao mjerodavno vozilo uzeto je manje teretno vozilo duljine 10,10 [m].





Slika 52. Trajektorija provoženja mjerodavnog vozila sa glavnog na sporedni privoz – Raskrižje 1

*Izvor: autor*



Slika 53. Trajektorija provoženja mjerodavnog vozila sa sporednog na glavni privoz – Raskrižje 1

*Izvor: autor*

## Raskrižje 2

Kao što je ranije navedeno, radi se o trokrakom raskrižju gdje dolazi do spajanja dionice magistralne ceste M 6 (Čapljina – Ljubuški – Grude – Imotski) kao glavnog putnog pravca s dionicom magistralne ceste M 17.4 (Put za Međugorje) kao sporednog pravca. Glavni nedostatak ovog raskrižja predstavlja horizontalna signalizacija koja nije zadovoljavajuća, posebno u noćnim uvjetima te mali skretni radijusi za teretna vozila s glavnog na sporedni privoz. Kao prijedlog rješenja izvršeno je proširenje ulaznih/izlaznih trakova na sporednom privozu i povećanje skretnih radijusa za neometan prolazak teretnih vozila. Skretni radijus s glavnog istočnog privoza na sporedni privoz iznosi 12,00 [m], što je dovoljno za neometano kretanje mjerodavnog vozila. Također, na ovom raskrižju nalazi se i početak traka za spora vozila koji je dat

kao prijedlog poboljšanja tlocrtnih elemenata dionice. U neposrednoj blizini nalaze se benzinske postaje čiji ulaz/izlaz čini jedan od privoza raskrižja.

Prijedlog idejnog rješenja raskrižja 2 i trajektorija provoženja mjerodavnog vozila, prikazao je na sljedećim slikama.



Slika 54. Idejno rješenje raskrižja 2

*Izvor: autor*



Slika 55. Trajektorija provoženja mjerodavnog vozila sa glavnog na sporedni privoz – Raskrižje 2

*Izvor: autor*





**Slika 56. Trajektorija provoženja mjerodavnog vozila sa sporednog na glavni privoz – Raskrižje 2**

*Izvor: autor*

### **Raskrižje 3**

Treće analizirano raskrižje na ovoj dionici magistralne ceste izvedeno je kao raskrižje s kružnim tokom prometa kojeg čine četiri privoza. Predstavlja spajanje magistralne ceste M 6, koja povezuje Ljubuški s Čapljinom na istoku te Grudama i Imotskim na zapadu, kao istočnog (Međugorska ulica) i zapadnog privoza (Ulica Tina Ujevića), magistralne ceste M 17.4 (Ulica bana Josipa Jelačića) kao južnog privoza i Zvonimirove ulice na jugozapadu koja vodi u sami centar grada Ljubuškog. Iz analize postojećeg stanja zaključuje se da oblikovni elementi raskrižja zadovoljavaju potrebe trenutnog prometnog opterećenja. Jedini nedostatak predstavljaju reklamni panoi koji se nalaze u središnjem otoku te između južnog i jugozapadnog privoza raskrižja se nalazi svjetleća reklama većih dimenzija i jakog isijavanja svjetlosti koja u noćnim uvjetima vožnje dovodi do zasljepljivanja vozača koji prilaze kružnom raskrižju iz istočnog (Međugorska ulica) i zapadnog (Ulica Tina Ujevića) privoza. Prijedlog poboljšanja preglednosti raskrižja je uklanjanje reklamnih panoa iz središnjeg otoka radi povećanja dnevne preglednosti te uklanjanje svjetleće reklame koja utječe na preglednost raskrižja u noćnim uvjetima. Također, uz sve navedeno, predlaže se obnova horizontalne signalizacije na području raskrižja.

#### **Raskrižje 4**

Ovo raskrižje svojim trenutnim oblikom utvrđenim temeljem analize postojećeg stanja neprilagođeno je zahtjevima prometa koji se događaju na predmetnoj lokaciji. Što se tiče glavnih privoza raskrižja, nepostojanje traka za lijevo skretanje uzrokuje stvaranje repa čekanja na glavnim privozima u vršnom prometnom opterećenju. Radijusi zaobljenja rubova kolnika premaleni su za mogućnost nesmetanog desnog skretanja mjerodavnog vozila s glavnih u sporedne privoze i obrnuto. Pri tome dolazi do prelaska prednjeg prevjesa mjerodavnog vozila u prometni trak namijenjen vozilima suprotnog smjera. Kao prijedlog poboljšanja odvijanja prometnih tokova na ovom raskrižju, s obzirom na navedeno, predlaže se preoblikovanje klasičnog četverokrakog raskrižja u raskrižje s kružnim tokom prometa. Izgradnja kružnog raskrižja na ovoj lokaciji doprinijet će smanjenju brzine kretanja na ovom dijelu dionice te povećanju preglednosti unutar raskrižja.

Dimenzije oblikovnih elemenata idejnog rješenja raskrižja s kružnim tokom prometa navedene su u nastavku. Polumjer vanjskog radijusa iznosi 14,50 [m], a polumjer središnjeg otoka 8,00 [m], s prijelaznim prstenom od 1,00 [m]. Širine ulaza i izlaza iznose po 5,50 [m] na svim privozima osim zapadnog gdje je širina 5,00 [m]. Ulazni i izlazni polumjeri u raskrižje izvedeni su s veličinom od 12,00 [m] na svim privozima osim zapadnog gdje je polumjer 8,00 [m]. Duljina uzdignutih razdjelnih otoka je 15,00 [m] na svim privozima, te je osigurana njihova minimalna širina od 2,00 [m]. Pješački prijelazi postavljeni su na svim privozima te za sigurno kretanje pješaka predlaže se izgradnja pješačke staze, širine 1,00 [m], uz svaki privoz. Manje dimenzije i radijusi zapadnog privoza predlažu se iz tog razloga što privoz nije predviđen za teška teretna vozila i vodi do centra grada.

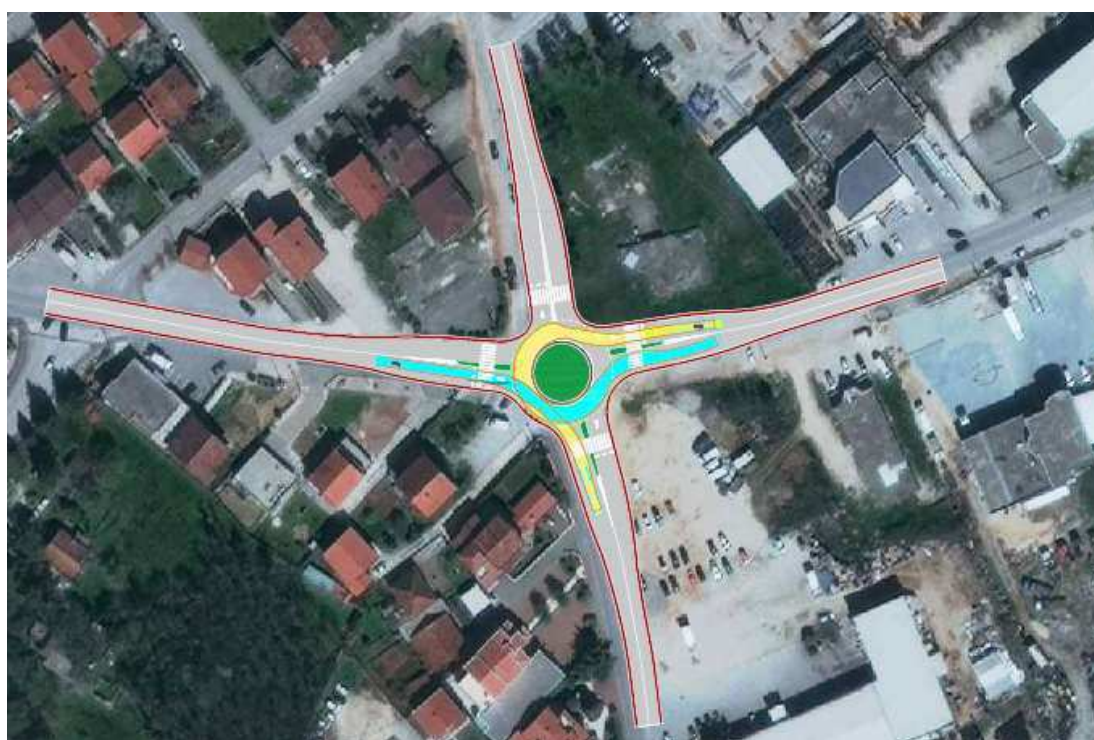
Na slici 57 prikazano je idejno rješenje raskrižja 4, a na slici 58, trajektorija provoženja mjerodavnog vozila (tegljač s poluprikolicom) kroz raskrižje.





Slika 57. Idejno rješenje raskrižja 4

*Izvor: autor*



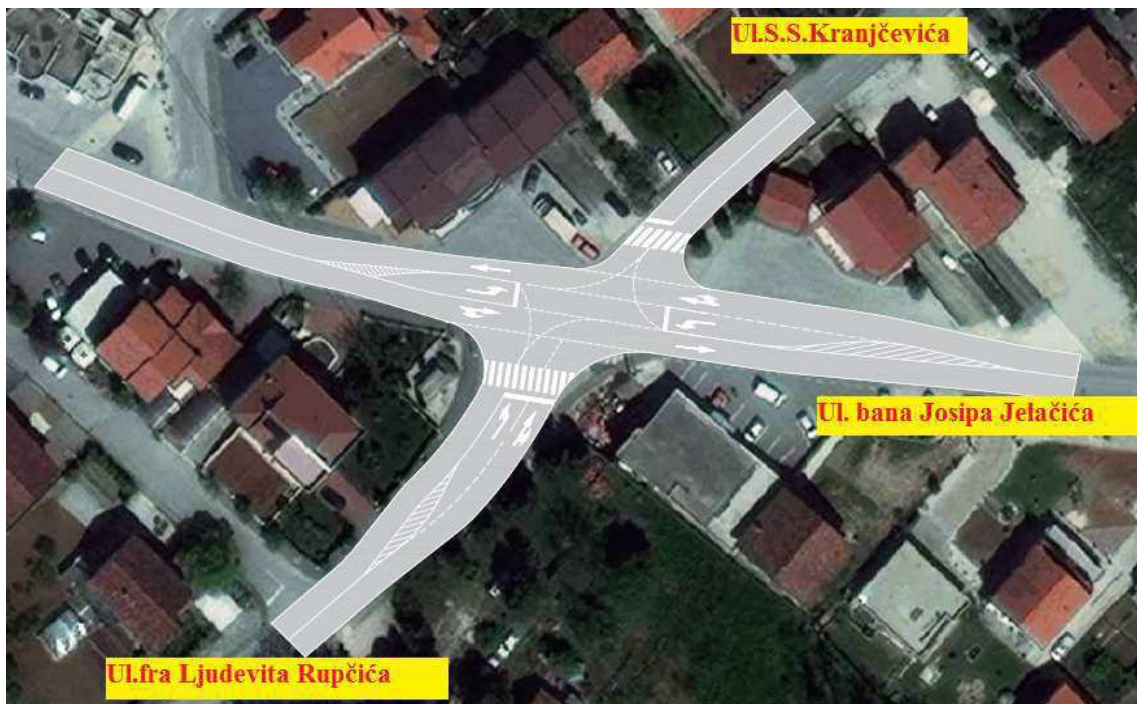
Slika 58. Trajektorije provoženja mjerodavnog vozila kroz raskrižje 4

*Izvor: autor*

### Raskrižje 5

Na petom analiziranom raskrižju iz analize postojećeg stanja vidljivo je da plohe kolnika u području raskrižja tvore prvenstveno prolazni trakovi, bez izvedbe dodatnih trakova za lijeva ili desna skretanja. Upravo je to najveći problem ovoga raskrižja jer lijevi skretači s glavnog privoza bespotrebno zaustavljaju vozila koja bi nastavila s

kretanjem bez promjene smjera. Radijusi zaobljenja rubova kolnika su mali za nesmetano desno skretanje mjerodavnog vozila s glavnog u sporedne privoze i obrnuto. Pri tome dolazi do prelaska prednjeg prevjesa mjerodavnog vozila u prometni trak namijenjen vozilima suprotnog smjera. Obzirom na navedeno, predlaže se rekonstrukcija postojećeg raskrižja na način da se glavnom privozu za oba smjera dodaju trakovi za lijeva skretanja. Izvedbom odgovarajućeg polumjera za lijeve skretače iz tih privoza ostvarena je kontrolirana brzina obavljanja radnje lijevog skretanja. Povećanjem polumjera za desne skretače s glavnog smjera omogućen je njihov nesmetan prolazak raskrižjem, bez izlaska prevjesa vozila izvan vlastite prometne trake. Odgovarajućim polumjerom zaobljenja ruba kolnika izbjegnuti su i otpori u prometnom toku glavnog smjera koje mogu izazvati intenzivni desni skretači što je slučaj na ovom raskrižju. Na slici 59 prikazano je idejno rješenje raskrižja 5.



Slika 59. Idejno rješenje raskrižja 5

*Izvor: autor*

### Raskrižje 6

Iz rezultata o brojanju prometa i analize postojećeg stanja ovog raskrižja može se utvrditi da prometno opterećenje na tri privoza nema značajnih odstupanja. Zbog prisustva većeg broja teretnih vozila, prometni tokovi odvijaju se sporije, a to dovodi do smanjenja propusne moći cijelog raskrižja. Preglednost sa zapadnog privoza nije

osigurana, te postoji opasnost od naleta na vozilo pri uključivanju vozila na glavni privoz kada semafori nisu u funkciji. Kao prijedlog rješenja poboljšanja odvijanja prometnih tokova na ovom raskrižju, predlaže se izgradnja kružnog raskrižja. Opravdanost izgradnje je višestruka.

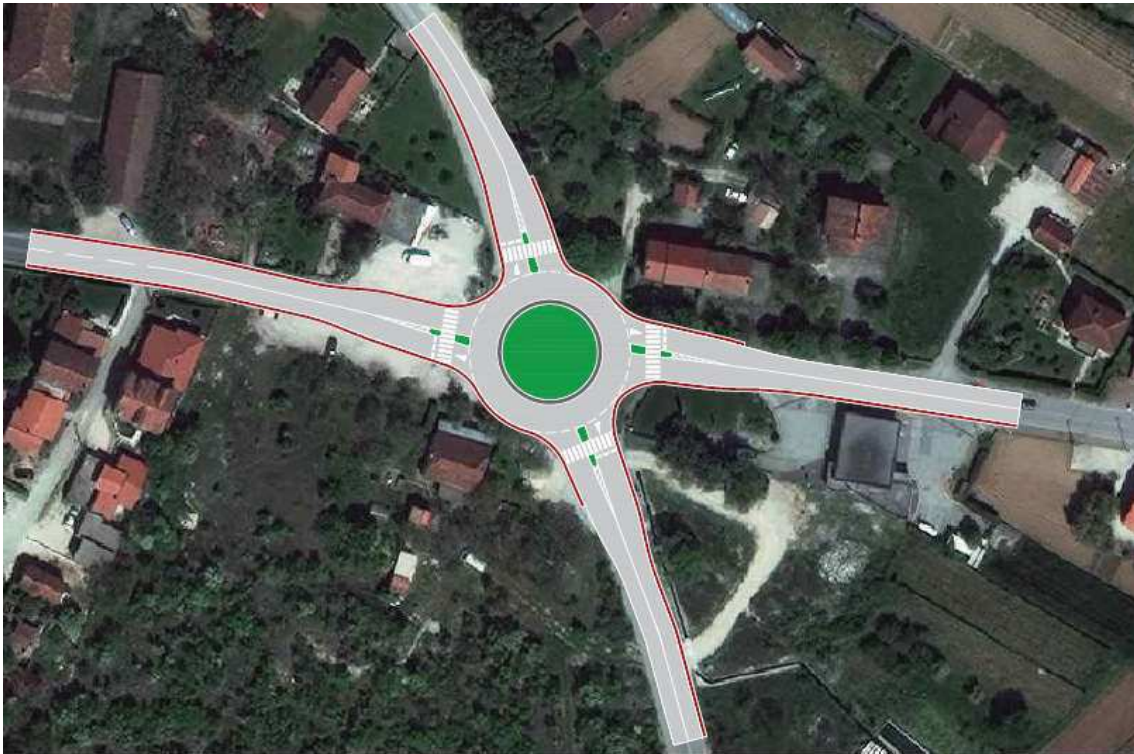
Samo neke od prednosti kružnih raskrižja nad klasičnim raskrižjem u razini su:

- Na cestama omogućuju vožnju smanjenim brzinama i s velikim skretnim kutom prednjih kotača;
- Vozilo na ulazu u kružno raskrižje se, u slučaju slobodnoga kružnog toka, ne treba zaustavljati, već smanjenom brzinom može ući u kružni tok;
- Mnogo veći stupanj sigurnosti prometa uz manje posljedice prometnih nezgoda;
- Veća propusna moć raskrižja, uz manje proizvedene buke i emisije štetnih plinova motora vozila;
- Skraćenje vremena čekanja na privozima i mogućnost propuštanja većih intenziteta prometnih tokova pojedinih privoza i sl.

Dimenzije oblikovnih elemenata idejnog rješenja raskrižja s kružnim tokom prometa navedene su u nastavku. Polumjer vanjskog radijusa iznosi 16,00 [m], a polumjer središnjeg otoka 9,50 [m], s prijelaznim prstenom od 1,00 [m]. Širine ulaza i izlaza iznose po 4,50 [m]. Ulazni i izlazni polumjeri u raskrižje izvedeni su s veličinom od 12,00 [m] na svim privozima osim zapadnog gdje je polumjer 6,00 [m]. Duljina uzdignutih razdjelnih otoka je 10,00 [m] na svim privozima, te je osigurana njihova minimalna širina od 2 [m]. Pješački prijelazi postavljeni su na svim privozima te za sigurno kretanje pješaka predlaže se izgradnja pješačke staze, širine 1,00 [m], uz svaki privoz. Manje dimenzije i radijusi zapadnog privoza predlažu se iz tog razloga što privoz nije predviđen za teška teretna vozila i vodi do manjih naselja.

Na slici 60 prikazano je idejno rješenje raskrižja 6, a na slici 61, trajektorija provoženja mjerodavnog vozila kroz raskrižje.





**Slika 60. Idejno rješenje raskrižja 6**

*Izvor: autor*



**Slika 61. Trajektorije provoženja mjerodavnog vozila kroz raskrižje 6**

*Izvor: autor*

## Raskrižje 7

Posljednje analizirano raskrižje u sklopu istraživanja diplomskog rada nalazi se u naselju Crveni Grm. To je trokrako nesemaforizirano raskrižje gdje glavni putni pravac čini predmetna dionica magistralne ceste (sjever – istok), a sporedni privoz na jugu predstavlja cestu koja vodi u naseljeno mjesto Prolog. Problem ovog raskrižja je nedostatak horizontalne signalizacije te mijenjanje smjera glavnog privoza, odnosno na području raskrižja izvodi se skretanje. Bez obzira na vertikalnu signalizaciju koja upućuje na prvenstvo prolaska kroz raskrižje često dolazi do nedoumica oko prvenstva prolaza te sukoba prometnih tokova. Također, problem predstavlja i sporedni privoz iz smjera Prologa koji se pruža u pravcu i omogućava razvijanje većih brzina vozila te tako zbog nedostatka horizontalne signalizacije nastavljaju kretanje ravno, bez zaustavljanja. Kao prijedlog poboljšanja cjelokupnog stanja na raskrižju, predlaže se obnova horizontalne signalizacije s jasnim vođenjem prometnih tokova te kolničke konstrukcije. U cilju smanjenja brzine vozila na sporednom privozu predlaže se uvođenje mjera za smirivanje prometa, tj. umjetnih izbočina, preko cijele širine prometnih trakova. Za smanjenje brzine kretanja na 40 [km/h] predlaže se širina umjetne izbočine od 0,90 [m] i njena visina 0,05 [m]. Prijedlog idejnog rješenja raskrižja 7 prikazan je na slici 62.



Slika 62. Idejno rješenje raskrižja 7

*Izvor: autor*

## 7. EVALUACIJA PREDLOŽENIH RJEŠENJA

Evaluacija ili vrjednovanje (od lat. *valere*: biti zdrav, jak, sposoban), općenito znači opis, analizu, vrjednovanje i ocjenu projekata, procesa i organizacijskih jedinica po utvrđenom kriteriju ili standardu. Označava i procjenu planiranih aktivnosti pojedinaca, skupina ili institucija i njihovih rezultata. Evaluacije nije samo završna procjena nekog projekta ili programa, već može biti i procjena u svim fazama planiranja. [24]

Prijedlozi rješenja i evaluacija na analiziranoj dionici magistralne ceste dati su na osnovu pojedinca. Prilikom izrade diplomskog rada utvrđene su mnoge nepravilnosti vezane za prometno - tehničke elemente ceste koje utječu na propusnu moć i sigurnost analizirane dionice magistralne ceste M 17.4:

- Donji ustroj ceste: mjestimično nestabilan trup ceste;
- Gornji ustroj ceste: na pojedinim lokacijama, slijeganje tampona dovelo je do deformacija kolničkog zastora;
- Elementi poprečnog presjeka: odstupanja od propisanih dimenzija za rubne trakove i bankine te nepostojanje infrastrukture za biciklistički promet;
- Prometni i slobodni profil: narušen zbog zadiranja raslinja, drveća i reklamnih panoa na pojedinim lokacijama;
- Tlocrtni i vertikalni elementi ceste: uzastopni zavoji malih radijusa na području naselja Crveni Grm i oštar zavoj na ulazu/izlazu s Baginog mosta u naselju Humac;
- Oprema ceste: vertikalna signalizacija loše postavljena dok je horizontalna signalizacija u lošem stanju, posebno na područjima raskrižja;
- Ostalo: pojedina raskrižja nisu izgrađena u skladu s pravilnikom, postojanje neoznačenih priključaka cesta niže razine na magistralnu cestu.

S obzirom da je motorizirani promet u konstantnom porastu, pa tako i na analiziranoj dionici magistralne ceste, potrebno je osigurati prometno – tehničke elemente ceste koji će doprinijeti povećanju propusne moći, razine usluge te sigurnosti svih sudionika cestovnog prometa.

Potrebno je napraviti rekonstrukciju elemenata donjeg i gornjeg ustroja ceste na dijelovima dionice koji nisu obuhvaćeni rekonstrukcijom 2013. godine. Ovakvi radovi iziskuju velika investicijska ulaganja pa se predlaže ojačavanje zemljanog trupa na lokacijama koje to zahtijevaju te nanošenje kolničkog zastora prema ranije datom



rješenju. Poboljšanje ovih elemenata utjecalo bi na povećanje vozne sposobnosti ceste, a samim time i na propusnu moć cijele dionice.

Kritične lokacije na dionici predstavljaju pojedina raskrižja koja ne zadovoljavaju potrebe trenutnog prometnog opterećenja zbog svojih oblikovnih elemenata. Uvođenjem posebnih trakova za lijeva i desna skretanja, traka za spora vozila, smanjit će se broj konfliktnih točaka i bespotrebnih presijecanja prometnih tokova, a samim time doći će do povećanja propusne moći analizirane dionice. Nedostatak vertikalne i horizontalne signalizacije znatno utječe na propusnu moć i sigurnost dionice ceste, posebno raskrižja. Pravilnim postavljanjem tih elemenata ili potpunom rekonstrukcijom raskrižja rezultirat će povećanjem propusne moći, razine usluge i sigurnosti svih sudionika u prometu.

Kako se analizirana dionica magistralne ceste najvećim djelom proteže kroz naseljena mjesta grada Ljubuškog, neizostavan je biciklistički i pješački promet. Izgradnjom dodatne infrastrukture za nemotorizirani promet na lokacijama gdje trenutno ne postoji, smanjit će se broj konflikata između vozila, pješaka i biciklista te tako osigurati neometano odvijanje cestovnog prometa.

Spoznavom svih parametara koji utječu na propusnu moć ceste, može se utvrditi da predložena idejna rješenja mogu doprinijeti realizaciji krajnjeg cilja, a to je povećanje propusne moći analizirane dionice i stupnja sigurnosti na istoj.



## 8. ZAKLJUČAK

Prometno – tehnički elementi ceste ključan su faktor o kojem ovisi propusna moć i sigurnost cestovnog prometa. Prilikom projektiranja i izgradnje novih cesta, dionica, raskrižja i ostale prometne infrastrukture, potrebno je skrenuti pozornost na ove elemente kako bi dosegli željeni cilj i učinak izgrađenog, odnosno postizanje što veće propusne moći i sigurnosti. Kontinuirani porast stupnja motorizacije dovodi i do povećanja zahtjeva prometne potražnje kojima je potrebno udovoljiti izgradnjom novih ili rekonstrukcijom postojećih cesta.

Dionica magistralne ceste M 17.4 na području grada Ljubuškog, u Bosni i Hercegovini, uzeta je za analizu i prijedlog poboljšanja prometno – tehničkih elemenata ceste sa svrhom povećanja propusne moći i sigurnosti prometa na analiziranoj dionici. Prilikom analize postojećeg stanja dionice, utvrđeni su mnogi nedostaci u ustroju ceste; prometnom i slobodnom profilu; tlocrtnim elementima i elementima poprečnog presjeka ceste; vertikalnoj i horizontalnoj signalizaciji te ostalim elementima koji utječu na neometano odvijanje prometnih tokova. S obzirom na tendenciju porasta prometa u narednim godinama, potrebno je osigurati bolje prometno – tehničke elemente koji će rezultirati povećanjem propusne moći dionice. Izmjenom pojedinih elemenata te primjenom prijedloga i idejnih rješenja iz diplomskog rada, može doprinijeti realizaciji krajnjeg cilja, a to je povećanje propusne moći i sigurnosti svih sudionika cestovnog prometa.

## LITERATURA

- [1] Kuzović V, Bogdanović V. Teorija saobraćajnog toka. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka; 2004.
- [2] Dadić I, Kos G, Ševrović M. Teorija prometnog toka. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2014.
- [3] Cerovac V. Tehnika i sigurnost prometa. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2001.
- [4] Božičević J, Legac I. Cestovne prometnice. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2001.
- [5] Božičević J, Topolnik D. Infrastruktura cestovnog prometa. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 1996.
- [6] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Bosna\\_i\\_Hercegovina#Zemljopis](https://hr.wikipedia.org/wiki/Bosna_i_Hercegovina#Zemljopis)
- [7] <http://drukciji.ba/2016/05/01/bih-medu-tri-zemlje-u-europi-u-kojima-je-najmanje-slobode/>
- [8] <http://www.mkt.gov.ba/aktivnosti/default.aspx?id=5029&langTag=bs-BA>
- [9] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Promet\\_Bosne\\_i\\_Hercegovine](https://hr.wikipedia.org/wiki/Promet_Bosne_i_Hercegovine)
- [10] <http://www.jpautoceste.ba/o-autocesti/>
- [11] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Administrativna\\_podjela\\_Bosne\\_i\\_Hercegovine](https://hr.wikipedia.org/wiki/Administrativna_podjela_Bosne_i_Hercegovine)
- [12] <http://www.vladazh.com/zupanija.aspx>
- [13] <http://www.eui-zzh.ba/images/PDF/Upravljanje%20razvojem/strategija-razvoja-ZZH-2014-2020.pdf>
- [14] [http://www.zeljko-gis.com/mapguide25/fusion/templates/mapguide/slate/index.html?ApplicationDefinition=Library://SSUZ\\_ZapadnoHercegovacka/web%20layout%20zzh.ApplicationDefinition&locale=en](http://www.zeljko-gis.com/mapguide25/fusion/templates/mapguide/slate/index.html?ApplicationDefinition=Library://SSUZ_ZapadnoHercegovacka/web%20layout%20zzh.ApplicationDefinition&locale=en)
- [15] <http://www.ljubuski.ba/hr/prometna-povezanost.html>
- [16] <https://www.google.hr/maps/>
- [17] [https://www.ljubuski.ba/images/stories/strateski\\_dokumenti/Strategija\\_razvoja\\_opcine\\_Ljubuski\\_2014-2024.pdf](https://www.ljubuski.ba/images/stories/strateski_dokumenti/Strategija_razvoja_opcine_Ljubuski_2014-2024.pdf)
- [18] <https://www.openstreetmap.org/relation/2088213>
- [19] <http://gradst.unist.hr/Portals/9/docs/katedre/prometnice/DSG%20Prometna%20tehnika/Prometna%20tehnika.pdf>
- [20] [http://www.scp.hr/file/Prometna%20infrastruktura%20-%203r\\_%20VMV%20-%20nastavno%20pismo.pdf](http://www.scp.hr/file/Prometna%20infrastruktura%20-%203r_%20VMV%20-%20nastavno%20pismo.pdf)
- [21] [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2001\\_12\\_110\\_1829.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2001_12_110_1829.html)
- [22] <https://www.weboteka.net/fpz/Osnove%20prometne%20infrastrukture/Osnove%20prometne%20infrastrukture%20-%20skripta.pdf>
- [23] <https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1413/datastream/PDF/view>
- [24] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Evaluacija>

## POPIS SLIKA

Slika 1. Položaj Bosne i Hercegovine .....	3
Slika 2. Mapa opterećenja magistralnih cesta Bosne i Hercegovine u 2014. godini .....	4
Slika 3. Trasa autoceste na Koridoru Vc .....	6
Slika 4. Položaj Zapadnohercegovačke županije u Bosni i Hercegovini .....	7
Slika 5. Cestovna mreža Zapadnohercegovačke županije .....	8
Slika 6. Položaj grada Ljubuškog .....	8
Slika 7. Prometni položaj grada Ljubuškog .....	10
Slika 8. Položaj magistralne ceste M 17.4 .....	11
Slika 9. Položaj dionice magistralne ceste M 17.4 na području grada Ljubuškog .....	12
Slika 10. Protok vozila na presjeku .....	14
Slika 11. Protok vozila na dionici .....	15
Slika 12. Gustoća vozila na dionici .....	15
Slika 13. Srednja prostorna brzina .....	16
Slika 14. Srednja vremenska brzina .....	17
Slika 15. Razmaci u slijedenju vozila .....	19
Slika 16. Parabolični model "protok - gustoća" .....	21
Slika 17. Parabolični model "brzina - protok" .....	21
Slika 18. Model „tok-gustoća“ kao osnovni dijagram prometa .....	22
Slika 19. Širina prometnog traka .....	30
Slika 20. Elementi horizontalne preglednosti .....	34
Slika 21. Izgled osi ceste u tlocrtu .....	36
Slika 22. Presjek kolničke konstrukcije .....	40
Slika 23. Oštećenje kolničke konstrukcije .....	41
Slika 24. Osnovni elementi poprečnog presjeka ceste .....	41
Slika 25. Nogostup u Ulici bana Josipa Jelačića .....	43
Slika 26. Prometni i slobodni profil ceste izvan naselja .....	44
Slika 27. Loši primjeri prometnog profila na analiziranoj dionici .....	45
Slika 28. Krošnja drveća u profilu pješačke staze .....	45
Slika 29. Uzastopni zavoji na području naselja Crveni Grm .....	46
Slika 30. Zavoji na području naselja Crveni Grm .....	46
Slika 31. Zavoj na ulazu/izlazu s Baginog mosta u naselju Humac .....	47
Slika 32. Položaj analiziranih raskrižja na dionici magistralne ceste M 17.4 .....	48
Slika 33. Pogled na privože raskrižja 1 .....	49
Slika 34. Pogled na privože raskrižja 2 .....	51
Slika 35. Pogled na privože raskrižja 3 .....	53
Slika 36. Reklamni panoi unutar središnjeg otoka .....	53
Slika 37. Svjetleća reklama koja smanjuje vidljivost u noćnim uvjetima vožnje .....	54
Slika 38. Pogled na privože raskrižja 4 .....	55
Slika 39. Pogled na privože raskrižja 5 .....	57
Slika 40. Pogled na privože raskrižja 6 .....	58
Slika 41. Pogled na privože raskrižja 7 .....	59
Slika 42. Lokacije brojanja prometa .....	61

Slika 43. Kolnički zastor od asfaltnog betona za teški promet .....	70
Slika 44. Prikaz lokacije prijedloga smještaja prometnog traka za spora vozila .....	71
Slika 45. Idejno rješenje traka za spora vozila – početak traka (Raskrižje 2) .....	72
Slika 46. Idejno rješenje traka za spora vozila (Put za Međugorje) .....	72
Slika 47. Idejno rješenje traka za spora vozila – završetak traka.....	73
Slika 48. Idejno rješenje poboljšanja tlocrtnih elemenata dionice – Crveni Grm (Lokacija 1)	74
Slika 49. Idejno rješenje poboljšanja tlocrtnih elemenata dionice – Crveni Grm (Lokacija 2)	74
Slika 50. Idejno rješenje poboljšanja tlocrtnih elemenata dionice – Humac .....	75
Slika 51. Idejno rješenje raskrižja 1 .....	76
Slika 52. Trajektorija provoženja mjerodavnog vozila sa glavnog na sporedni privoz – Raskrižje 1 .....	77
Slika 53. Trajektorija provoženja mjerodavnog vozila sa sporednog na glavni privoz – Raskrižje 1 .....	77
Slika 54. Idejno rješenje raskrižja 2 .....	78
Slika 55. Trajektorija provoženja mjerodavnog vozila sa glavnog na sporedni privoz – Raskrižje 2 .....	78
Slika 56. Trajektorija provoženja mjerodavnog vozila sa sporednog na glavni privoz – Raskrižje 2 .....	79
Slika 57. Idejno rješenje raskrižja 4 .....	81
Slika 58. Trajektorije provoženja mjerodavnog vozila kroz raskrižje 4.....	81
Slika 59. Idejno rješenje raskrižja 5 .....	82
Slika 60. Idejno rješenje raskrižja 6 .....	84
Slika 61. Trajektorije provoženja mjerodavnog vozila kroz raskrižje 6.....	84
Slika 62. Idejno rješenje raskrižja 7 .....	85

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Županije Bosne i Hercegovine.....	6
Tablica 2. Razina usluge raskrižja prema HCM 2000.....	26
Tablica 3. Širina prometnog traka za različite projektne brzine ( $V_p$ ).....	31
Tablica 4. Odnos prometnog i rubnog traka.....	31
Tablica 5. Odnos širine prometnog traka i bankine.....	32
Tablica 6. Ovisnost širine preglednosti $b$ (m) o $V_{r\check{z}}$ , $R_{min}$ i $P_z$ .....	35
Tablica 7. Visine dijelova zapreke $h_v$ (cm) i $h_1$ (cm) za razne brzine $V_r$ (km/h).....	36
Tablica 8. Polumjeri u odnosu na računsku brzinu.....	38
Tablica 9. Kategorije vozila svedene na ekvivalentnu jedinicu automobila.....	61
Tablica 10. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 4 (sjeverni privoz).....	62
Tablica 11. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 4 (južni privoz).....	62
Tablica 12. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 4 (zapadni privoz).....	62
Tablica 13. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 4 (istočni privoz).....	62
Tablica 14. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 6 (sjeverni privoz).....	63
Tablica 15. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 6 (južni privoz).....	63
Tablica 16. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 6 (zapadni privoz).....	64
Tablica 17. Rezultati brojanja prometa na raskrižju 6 (istočni privoz).....	64

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Cestovna mreža na području grada Ljubuškog .....	10
Grafikon 2. Prikaz PGDP-a za oba raskrižja .....	64
Grafikon 3. PGDP raskrižja 4 za razdoblje od 5, 10 i 20 godina .....	67
Grafikon 4. PGDP raskrižja 6 za razdoblje od 5, 10 i 20 godina .....	68



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih  
znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ diplomski rad  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na  
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz  
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj  
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ diplomskog rada  
pod naslovom **Utjecaj prometno - tehničkih elemenata ceste na propusnu moć  
dionice magistralne ceste M 17.4 u Ljubuškom**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 13.9.2020 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(potpis)